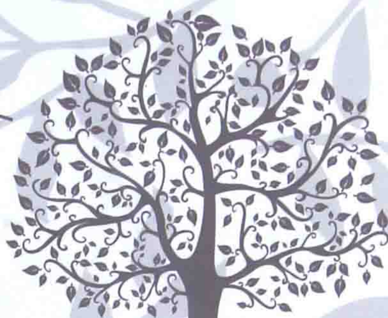


21世纪的产业革命

——纪念钱学森第六次产业革命思想30周年文集

第六次产业革命文集编委会 编著



创立一种农业型的知识密集型农、林、草、海、沙与工、贸一体化的产业。它将消灭工、农差别与城乡差别。农村将消灭，变成小城镇了。

——钱学森 1994年4月5日



清華大學出版社

清华大学出版社数字出版网站

WQBook 书文局泉

www.wqbook.com

上架建议：学术研



定价：58.00元

21世纪的产业革命

——纪念钱学森第六次产业革命思想30周年文集

第六次产业革命文集编委会　编著

清華大學出版社
北　京

图书在版编目(CIP)数据

21 世纪的产业革命：纪念钱学森第六次产业革命思想 30 周年文集 / 第六次产业革命文集编委会 编著. —北京 : 清华大学出版社，2015.1

ISBN 978-7-302-38838-8

Ⅰ. ①2… Ⅱ. ①第… Ⅲ. ①产业革命—文集 Ⅳ. ①F419-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 303335 号

责任编辑：张立红
封面设计：肖　鹏
版式设计：方加青
责任校对：杨庆杰
责任印制：沈　露

出版发行：清华大学出版社
网　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　址：北京清华大学学研大厦 A 座　邮　编：100084
社 总 机：010-62770175　邮　购：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者：北京嘉实印刷有限公司
经　销：全国新华书店
开　本：180mm×260mm　印　张：17.5　字　数：228 千字
版　次：2015 年 1 月第 1 版　印　次：2015 年 1 月第1 次印刷
定　价：58.00 元

产品编号：062917-01

编委会成员介绍

田裕钊：曾任中国科学院自然资源考察委员会副主任，研究员。著名荒漠植物生态与荒漠化治理研究专家。1960年毕业于苏联列宁格勒基洛夫森林工程学院林业系。回国后主要从事沙漠科学研究工作。1978年起从事沙漠生态与沙区资源开发研究，为沙漠开发利用与沙产业发展做出了突出贡献。现任钱学森沙产业基金会副理事长，中国国土经济学会沙产业专业委员会副主任。

胡跃高：中国农业大学教授，博士生导师。2007年成立中国防治荒漠化工程研究中心任主任。1982年以来，主持国家“八五”、“九五”、“十五”、“十一五”、“十二五”期间农业科技攻关项目、国家产业技术创新体系项目中的专题或子专题，在饲草栽培生产技术、防治荒漠化工程建设、农业系统工程、大学生村官工程建设等方面具有研究积累，曾编著或主编出版著作18部，发表论文200余篇。2010年在中国农业大学组织钱学森第六次产业革命理论学习小组，主编出版《钱学森第六次产业革命理论学习读本》。

涂元季：原中国人民解放军总装备部司令部钱学森办公室秘书，高级工程师。早年在成都电讯工程学院电真空技术专业学习，20世纪60年代进入国防科委，从事航天科技情报工作，长期工作在国防科学技术的第一线。从1983年至钱学森逝世，担任钱学森同志的秘书和学术助手。

钱永刚：汉族，浙江杭州人。硕士研究生学历，高级工程师。上海交通大学、西安交通大学、清华大学、南京航空航天大学、内蒙古大学等高校兼职教授、客座教授；中国国土经济学会沙产业专业委员会副主任委员；中国行为法学会副会长；上海交通大学“钱学森图书馆”馆长。

顾吉环：现任中国人民解放军总装备部司令部综合局秘书。20世纪80年代初在中国人民解放军国防科工委指挥技术学院微型计算机应用专业学习，之后长期在钱学森身边工作。从2000年至钱学森逝世，担任钱学森同志的秘书。

董智勇：教授级高级工程师。曾任林业部副部长；曾被国务院环境保护委员会聘为科技顾问；曾任宋庆龄基金会野生生物保护基金管理委员会主任、第七届中国林学会理事长、中国治沙暨沙业学会理事长、中国科学技术基金会（钱学森）促进沙产业基金副主任等。

谢联辉：高级记者。曾担任《人民日报》科教文部版面主编、科技组组长，曾任中华老年报社总编辑、中国老年报社副总编辑。林业部曾授予“绿色长城”奖章，全国绿化委员会曾授予“全国绿化”奖章，曾被中华全国新闻工作者协会评为“全国百佳新闻工作者”，曾获“沙产业实干家”称号，获“对沙产业发展做出贡献者”荣誉证书。采写的报道，曾获中央部委有关部门30多个奖项。现任中国老教授协会常务理事、国杰老教授研究院老年产业部主任、林产业部副主任。

1984年，钱学森提出《创建农业型知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业的论述，在推进知识密集的农业型产业体系建设中，对沙产业的建设发展尤为关注。



图1　1994年9月26日钱学森邀见学术研讨会部分代表时亲自阐述沙产业



图2　1995年11月26 ~ 30日林业部、中国科协、甘肃省政府联合召开的河西走廊沙产业开发工作会，这次会议是沙产业理论的普及以及沙产业实践的大推动



图3　甘肃、内蒙古各地组织有关钱学森第六次产业革命理论学术报告会

干旱荒漠中日光温室独特的果蔬成为干旱区农民脱贫致富的产业，沙产业的新型绿洲经济帮助干旱区农民埋葬贫穷。按“多采光、少用水、新技术、高效益”12字技术守则建设的现代新绿洲，实现着变不毛之地为沃土的理念。







图4　“地不分南北，时不分春秋”干旱荒漠中日光温室为市场提供新鲜的水果和蔬菜





图为1993年12月6日，钱学森与“中国科学技术发展基金会促进沙产业基金”筹备组成员的第一次合影。从左至右：谢联辉（人民日报教科文部版面主编、科技组组长）、董智勇（林业部科技委主任）、钱学森、刘恕（中国科协书记处书记）、朱雪芬（刘恕秘书）。摄影为涂元季（钱老的秘书）。





图5　寒冷的冬日室外已是滴水成冰，而甘肃荒漠中的日光温室里却是春意浓浓、硕果累累。日光温室种植木瓜等适应冬季市场的蔬菜、果品



人民日报

武威张掖沙产业曙光初现

科技日报

大力发展沙产业

人民日报

专家呼吁：发展沙产业振兴西北经济

塑棚栽培 节水种植 利用冬闲

沙产业研讨会在京召开

用另一种思维认识沙漠

沙产业精英聚首北京谋发展

中国老年报

宋平的治沙情结

科技部制定西部开发科技工作意见

人民日报

中国促进沙产业基金会成立

钱学森沙产业理论研讨会举行

中国农业发展银行文件

情况汇编

图6　沙产业的建设与发展得到中央领导及有关部门的关心与支持



科学时報

让干旱荒漠成为生存新空间

发生机理不明是制约大陆地震预测瓶颈

朴素的高尚情怀，求实的理性思维

要闻

前瞻性的思考：中国"第六次产业革命"

——纪念钱学森提出"知识密集型五大农产业"26周年

鲜为人知钱学森

——晚年钱学森与沙产业

大力发展阳光产业 实现人与自然和谐

省政府林业部中国科协召开河西走廊沙产业开发工作会议

我省发展沙产业大有可为

宋平阎海旺张吾乐分别讲话钱学森致书面发言

沙产业——造福人类的朝阳产业

在河西走廊沙产业开发工作会议上的书面发言

光明日报 2004年6月10日 星期四

积极扶持沙产企业发展

1998年10月29日 中国科协报

促进沙产业发展座谈会在京举行

宋平指出，防沙治沙在沙漠地区发展农业是一种很有前途的事业

产业调研

沙产业是一个高新技术密集产业

西部经济发展中的一抹亮色

大力开发沙产业

绿色产业

促进沙产业发展基金十年见成效

6月17日是世界防治荒漠化和干旱日

国家加大力度支持发展沙产业

第2版 2003年3月11日

甘肃省沙草产业协会成立

本报讯 记者牛新建 魏少邦报道 甘肃省沙草产业协会于近日正式成立，并举行了首次理论研讨会。

甘肃省沙草产业协会是致力于推进甘肃省沙草产业的研究开发，保护生态环境和农牧民治穷致富的学术性、专业性地方社会团体，以"振兴甘肃省经济和再造甘肃秀美山川"为宗旨，它的成立对促进甘肃沙草产业的发展和生态环境的改善将产生积极的推动作用。

著名科学家钱学森、甘肃省原副省长、中国科协原副主席、中国科技发展基金会促进沙产业基金管委会主任刘恕，以及内蒙古、宁夏、青海、新疆等省区都分别发来贺信或贺电，对协会的成立表示祝贺。

阻击沙漠化 发展沙产业

钱学森倾情我区沙草产业

图7　新闻媒体记录了沙产业的发展历程

（彩页中的图4、图5、图6、图7，引用了科学普及出版社2012年3月出版的《认知沙产业践行沙产业——刘恕文集》中的彩页资料）

第六次产业革命文集

编 委 会 成 员

编者的话

钱学森是一位伟大的科学家，同时也是一位杰出的思想家。钱学森的科学历程大体上可分为三个阶段。

第一阶段是从20世纪30年代中期到50年代中期。这20年钱学森是在美国度过的，主要从事自然科学技术研究，特别是在应用力学、喷气推进以及火箭与导弹研究方面，取得了举世瞩目的成就，并用自己的知识在美国作为一名中国籍的“反法西斯战士”，参与了第二次世界大战全过程。与此同时他还创建了物理力学和工程控制论，成为当时国际上著名的科学家，这些成就与贡献形成了钱学森一生中第一个创造高峰。

第二阶段是20世纪50年代中期至80年代初。这一时期钱学森的主要精力集中在开创祖国的火箭、导弹和航天事业上。这一时期的工作主要是“强军反霸”，更多的是工程实践，要研制和生产出型号产品来。由于钱学森院士在自然科学领域中的渊博知识以及高瞻远瞩的科学智慧，使他始终处在这一事业的“科技主帅”位置上。在周恩来、聂荣臻等老一辈无产阶级革命家的直接领导下，钱学森院士的科学才能和智慧得以充分发挥，并和广大科技人员一起，在当时十分艰难的条件下，研制出我国自己的导弹和卫星来，创造出国内外公认的奇迹，这是钱学森一生中第二个创造高峰。

第三阶段是20世纪80年代初到钱学森逝世前。80年代初，钱学森从科研一线领导岗位上退下来以后，就全身心地投入到“强国富民”的学术研究之中。这一时期，钱学森学术思想之活跃、涉猎领域之广泛、原创性之强，在学术界是十分罕见的。就在钱学森从科研一线领导岗位上退下来不久的1984年，包括农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业五大产业的第六次产业革命理论已经诞生。

这也许是历史的巧合。倒退30年的1953年，钱学森的《工程控制论》英文版专著在美国正式出版，与1984年钱学森提出第六次产业革命理论，二者是何等的相似：“工程控制论”一面世，美国人三四年没读懂。因为专著是用全新的思维考虑

问题。那时讨论科学技术问题离不开物质、能量两个元素，钱学森的《工程控制论》是从事物间的联系、矛盾运动来研究的。许多人读完找不到脉络。30年后提出的第六次产业革命理论又按全新思维定势考虑问题，不少人一下子理解不了。因此多少年来，不少人冷漠待之，特别是对沙漠现象，看不利因素多，当作洪水猛兽，一味防沙堵沙。钱学森却提出：要换一种思维看沙漠资源，要看到沙漠也有许多对人类社会有利的自然条件，要“寓开发于治理之中”。

首先是政治家、经济学家宋平旗帜鲜明地支持钱学森提出的第六次产业革命理论。1995年，从中共中央政治局常务委员离职的宋平同志认为：“钱老是大科学家，了不起的科学家，对中国人民有杰出的贡献。钱老思考的事都是大事，是重要的事。”他主动与钱学森携手，开始了“中国的第六次产业革命”的实践。

由于思维定势转变了，启发西部各族干部蕴藏的智慧涌现出来了。在钱学森提出“第六次产业革命”理论30年的今天，无论是甘肃、还是内蒙古，都取得令人振奋的成果，展现出了第六次产业革命的巨大发展前景。

为纪念钱学森提出的第六次产业革命理论30年，我们这些一直跟随伟人钱学森、宋平践行“第六次产业革命”的志士，把自己亲身经历的感受，选择部份分为“认识篇”、“实践篇”、“建言篇”、“思念篇”，汇集成《21世纪的产业革命——纪念钱学森第六次产业革命思想30周年文集》，我们希望从中国“不毛之地”起步的“沙产业”和“草产业”，向全国“林产业”、“农产业”、“海产业”延伸，成为国策；我们企盼钱学森倡导的“赢在科学技术优化组合”、“赢在价值量优化管理模式”的“知识密集性阳光绿色产业”，沿着习近平主席提出的“一带一路”战略构想，走向世界，迎来世界性的第六次产业革命。



目 录

（一）钱学森论述第六次产业革命

（二）宋平论述沙产业

（三）认识篇

（四）实践篇

（五）建言篇

（六）思念篇



（一）钱学森论述第六次产业革命

农业系统工程

今天这一讲的题目是农业系统工程，也就是系统工程在社会主义大农业中的应用。稿子是张沁文同志和我写的，由我来讲。

在讲具体内容之前，我们首先要把农业系统工程的词义搞清。有那么一种学科归类方法，把农业系统工程归在“农业工程学”范围内，是否合适呢？我们认为是不对的。在前面几讲，我们已经说明系统工程有它特有的学科理论基础，总称为系统科学。而系统科学是一个独立的体系，在系统工程改造客观世界的实践中，将提炼出专门研究系统的基础科学以及从这一类基础科学出发，结合其他基础科学，形成一系列研究系统共性问题的技术科学，而直接搞改造客观世界的学问就是各门系统工程。所以，各门系统工程在其学科归属上，只能理解为系统科学体系中的一个专业，一个分支，不能和其他工程学科混为一谈。“农业工程学”是搞技术手段的，可以说是“硬科学”。而农业系统工程是研究组织管理的，是既搞技术手段，又搞组织管理，既有“硬科学”，又有“软科学”的工程技术，性质和农业工程学有所不同。

一

我们首先讲讲什么叫农业系统。

农业是一个巨大而复杂的系统，这大家不会有什么异议。习惯上我们就有这么个叫法：农业系统或农林系统。但是为什么在农业生产中要应用系统工程呢？

首先，我们来讲什么是农业？农业就是利用太阳光的能量，通过生物转化，生产人们需要的东西，即人们所需要的食物、工业原料和生物能源（如有机质发酵搞沼气、薪炭林）；又通过生物本身的存在（如森林、草地），改造自然，创造一个人类和生物本身所需要的理想的环境。这就是农业的定义。

农业的范围很广阔，它究竟包括哪些内容呢？我们认为，除了传统的农林牧副渔外，现代农业还要加上虫业和微生物业。这就是说，广义的农业应包括以下内容：

农业：指种植业，即狭义的农业，分为粮食作物和经济作物两大类，包括粮、棉、油、麻、糖、菜、烟、药、杂等；

林业：分为用材林、经济林、薪炭林、防护林、水土保持林等；

牧业：包括牛、羊、猪、兔、马、驴、骡等；

禽业：包括鸡、鸭、鹅、火鸡等；

渔业：习惯称为渔业，其实应包括许多水产养殖，如虾、蛙、珍珠、牡蛎、海带、紫菜、莲藕、菱角、芦苇以及水生饲料等；

虫业：包括养蜂、养蚕、养蚯蚓（松土、肥田及喂猪、喂鸡、喂鱼）、养蝇蛆（喂鱼）、养赤眼蜂（以虫治虫）；

微生物业：利用微生物发酵搞沼气、生产饲料、生产蛋白质以至直接生产食物，搞生物农药、菌肥以及利用微生物改良土壤等；

副业：主要是指用上述各业产品为原料的加工生产项目，如编织、淀粉、豆制品、手工艺品等。

随着现代科学技术广泛地应用在农业生产的实践，我国农村生产活动的范围将越来越广阔，除了上面讲的各个行业之外，还有工业，即小型工业。农村大农业生产的综合化程度也越来越高，这是达到充分利用光、热、水、气、土、生物、微生物资源，生产人类所需要的日益增多的物质财富的必然趋势。我国现在已有不少这方面成功的经验；而从世界其他国家农业真走过的曲折道路来看，我国农业现代化必须走全面发展、综合利用这条路。从全局看是如此，从一个大队、一个生产队来看也是如此。一个大队、一个生产队的生产范围当然没有这样广阔，但是在它那个具体条件下，也完全可能在生产的深度和广度上大做文章；实行综合利用，全面发展。只有综合利用，全面发展，才能充分利用太阳光能，经济合理地利用有机物质，例如我国传统的间作、套种。玉米、高梁和矮杆的豆类作物间作，棉麦套种，都可以提高对光能的利用率。又如利用秸杆喂牛、喂牲畜，牛粪种蘑菇，各种畜类搞沼气，有机肥归田，最经济合理地利用了有机物质。综合利用，全面发展，能充分发挥人力优势。我国农村劳动力多，是向生产的深度和广度进军的一大有利条件。随着现代科学技术在农业生产中广泛应用和劳动生产率的提高，多余出劳动力和不断开辟新的生产门路，相辅相成相适应，是一种良性循环。特别是大力发展社队企业，走农工商一体化的道路，农村社队建成综合企业，把生产、加工、贮存、运输、销售组成一条龙，是充分安排劳动力，发展农村经济的一条康庄大道。这样做，我们就不会像世界上一些经济发达国家那样把农村人口大量引到城市中去，从而破坏农村；我们要相反，在农村就地建设现代化的生产和居住中心，使所有山乡、农庄和渔村都变成工业化、园林化、高度有文化的新型小城镇。江苏省江阴县华士公社华西大队可以说是这种理想新农村的雏型。

另一方面，我们还要利用生物来改造自然，创造一个人类和生物本身所需要的环境。人、生物、环境三者关系，人是主宰一切的。人类本身需要有一个优美的生存环境。同时，从发展生产的需要来说，为了提高生物产品，人也要能动地去改造

生物，改造环境。要在大力发展生产的同时，不断改善环境，不能盲目毁林开荒、垦草种粮、掠夺土壤、破坏水源、毒化空气、污染环境。那样干，等于是竭泽而渔、杀鸡取卵，环境质量越来越差，生产水平越来越低，破坏生态平衡，导致亚性循环，造孽子孙，贻害后代，我们将成为历史的罪人，是决计要不得的。我们对自然资源、自然环境要大力开发、利用，积极治理、改造，要发展林业，保护草原，培肥土壤，涵养水源，净化空气，改善环境。要使地越种越肥，产量越来越高，环境质量越来越好，形成良性循环，创造一个合理的、高效能的、人类所需要的理想生态系统。

很明显，我们搞农业，就是实现两个长远目标：创造更多的人类所需要的东西，经营管理好一个庞大而复杂的生产系统；不断改善环境，创造人类所需要的生态系统。这两个目标是一致的，高产需有良好的自然环境，良好的生态系统必能高产。归根结底，还是一个目标，就是我们要改变自然界的系统，创造出一个人类所要的生态系统。这正是系统工程所特能解决的问题。

二

现在我们来讲讲农业系统工程要达到的目的是什么。

在现代农业的组织管理中应用系统工程，能在创造人所要的高效能的生态系统中找到最佳的发展途径，达到最优的综合效果。这就要全面地处理好农业这个系统中各个组成部分之间以及系统整体和组成部分之间的协调配合关系，改变部门之间各行其是、互不协调甚至互相扯皮的现象。互相扯皮，在农业系统中是普遍的、经常的。这不单单是工作方法和工作作风的问题，是有它的久远历史原因。我国有2000年历史的封建社会嘛！

农业系统工程就要从科学技术上克服从某一部门着眼、从单一目标出发、从单一因子考虑问题的弊端，这就要求我们正确处理系统的复杂的空间结构和复杂的时间结构。农业生产系统，从空间上来说，是由各业组成的一个有机整体，在布局和结合上，经纬交叉，错综复杂；从时间上来说，是由若干阶段组成的一个时期，在进程和顺序上，渗透往返，盘旋曲折。所以，我们既要协调系统整体和农林牧等各业的关系和各业之间的关系，又要注意全过程中阶段的划分和阶段之间的衔接。关于阶段划分和衔接问题，我们在后面再讲。这里先讲系统整体和各业的关系以及各业之间的关系协调，也就是综合平衡。

首先，农业大系统要讲综合平衡。就是要对农、林、牧、禽、渔、虫、微、副、工等各业在整体中的作用和相互关系，通过分析，作出定量反映，如各业在总

土地中占用土地的比例，即占地构成、各业在经济总收人中占有的比例，即经济构成和各业在使用的人力物力资金等总投入中占有的比例，即投入构成，它们各自的构成和综合指数，都应该通过计算分析用数量表示出来，使我们能在计划协调中凭借数字依据作出综合平衡的安排。要求在投入方面有恰当的分配，经济收入有合理的构成，占用土地有合适的比例，使各业全面发展，互相促进。同时，要特别注意到，和工业、国防等部门不同，农业生产系统的各个部分之间，还有其生态学上的有机联系。农林牧等各业和环境之间以及各业之间都有着互相促进、互相制约的关系。所以要求我们从动态平衡的观点出发，分析搞清各业之间的关系，在这种复杂的有机联系中找到具有决定意义的关键，趋利避害，采取措施，在发展中协调它们之间的关系，达到一个高水平的生态平衡。这种用全局一盘棋的观点，分析系统，依据判断力，协调平衡的传统方法，虽无数理统计依据，但在系统工程中仍是必不可少的。

其次，在各分系统和生产技术中，也要讲综合平衡。例如，生物生产条件平衡，是农业生产中一个带根本性的观点。农业生产主要就是利用太阳光的能量，通过生物转化为人所要的东西。影响生物产量的因素是光、热、水、气、土。生物生产干物质的多少，一方面决定于太阳光能的多少，即日照时数和光照强度等；决定于农作物本身的同化能力。另一方面，决定于生物转化所需要的原料，主要是土壤中的营养元素、水分和空气中的二氧化碳。目前的农业生产，光能利用率很低。主要原因是生物生产原料短线：在低产条件下，土壤中肥水不足，限制了叶面积的发展。农作物生产的干物质，90%～95%是由光合作用通过碳素同化过程所构成，5%～10%通过吸土壤养分构成。在叶面积不足的条件下，绝不会高产。只有改善了土壤肥水供应，使叶面积充分发展到适当的程度，并维持正常的功能，光合作用所形成的同化产物才能增加。在谋求高产目标时，除了土壤中肥水不足外，空气中的二氧化碳不足也是一个重要限制因素。据计算，作物生长盛期，每日每平方厘米叶面积生产20mg干物质，约需二氧化碳29mg。农田土壤每日只能供给1～10mg，其余部分从大气中获得。标准情况下，每升大气日可供二氧化碳6mg，如供给作物每平方厘米叶面积每日需要的二氧化碳，则要消耗50m空气柱中所有的二氧化碳。而且上空部分的二氧化碳对流至地面被叶面吸收，需要有一个湍流扩散运动过程，而作物层内这种扩散传递运动很差，二氧化碳扩散效率很低。因此，除了工厂化农业的无土栽培外，提高农作物产量的主要手段是培育肥沃的土壤。有机质含量丰富，微生物活动旺盛的土壤，能稳定地满足供应农作物所需要的营养元素和水分，并在微生物分解有机质的过程中，源源释放二氧化碳，这也就是补长了生物生产原料的短线。当然，另一方面，也要培育具有强大同化功能的优良品种，那是长远目标。我

们有些地区忽视了土地贫瘠的实际情况，在耕作制上过分注重提高复种指数，所谓三种三收等，一味在提高光能利用率上打算盘，不注意养地，是抓了长线，松了短线。这和国民经济综合平衡中盲目搞所谓长线平衡，犯的同一类病，效果是不好的。

另一方面农业系统工程还要正确处理多目标结构。农业系统建设总的目标是两个，创造更多的物产和改善生态环境。各个组成部分，还有具体的目标，如农业中的高产、优质、养地、防止水土流失等。林业中的森林覆盖率、出材率、林相景观、防护效益、经济收益等，这些总目标和具体目标，类型和性质不同，有的还是互相矛盾的，形成一个复杂的结构。处理这个多目标结构，要从全局和长远利益出发，兼顾局部和眼前利益，并考虑实施中的技术经济指标如投资、质量、速度等，建立一个多级结构的指标体系，作出计量反映，进行综合评价和协调。从单一目标出发决断，于长远，于全局利益是有害的。西北黄土高原，过去单打一抓粮食，造成了生态性灾难，结果粮食也没有搞上去。现在有一种主张，走另一个极端，片面强调解决生态问题，而轻视当前生产和群众生活，也是不可取的。

最后，农业系统工程还要正确处理多因子相关。在农业生产中，田间管理是贯穿在作物生长发育过程中充分发挥人的能动作用的一系列技术措施。科学的田间管理，要根据土壤、农作物生长发育、气侯变化等情况决定措施，例如施肥的种类、方法和数量，灌溉的时间、方式和水量等等，都是受许多因子影响的。找到这许许多多因子和作业之间的关系，是合理施肥和合理灌溉的必要依据，这就要用电子计算机来处理许多单因子相关和复合因子的数据。如在国外，分析1.15万个单因子相关和综合因子数据，得出蒸腾量与平均气温、平均空气湿度相关的结论，为灌溉用水量提供了依据。对肥料成分、施肥量、施肥日期及灌溉方法与肥效的相关性进行数据处理，选择最好的施肥方案。

三

在农业生产中应用系统工程，首先要掌握农业本身的规律，这就是“农事学”。农事学是研究农业生产中矛盾运动变化规律、研究农业生产指导策略的一门新生学科。现在就讲讲农事学。为了说明问题，运用类比的方法是有意义的。去年10月举行的一次系统工程学术会议上，许国志同志指出：不同事物、不同过程的规律，通过精确的数学处理，从理论上发现其相似性。这个相似性难道不会引出更深刻的、潜在的具有普遍意义的新概念吗？而农事学和军事科学，正是研究农业和军事两个领域具体规律的学科。我们习惯所讲的军事科学，包括着两个研究范畴：一

个是研究武器装备、军事技术手段，即研究“物”的；另一个是研究兵力的部署调动，打仗的运筹指挥，研究战争指导规律，即研究“事”的。农事学与军事科学在这一点上具有相同的特征，也包括两个研究范畴：一个是研究作物、土壤、肥料、农机、农药和农业技术手段，即研究“物”的；一个是研究农业生产指导规律，即研究“事”的。研究“物”的，就是“硬科学”；研究“事”的，就可以称为“软科学”。

事物总是联系在一起的，研究“事”和“物”的科学也是相联系的。实现农业现代化，要加速发展农业科学技术，同时，研究农业生产指导规律也很重要，这是不可分割的。那么农事学的具体内容是哪几个方面呢？现在我们来分析一下。

农事学的第一个方面是分析矛盾，根据矛盾的轻重缓急决定技术手段、措施的投入量。我国的农业现代化，是在继承几千年农业遗产和20多年社会主义集体所有制农业生产的基础上起步的。和新建一项大型工程或新实施一项大型科研任务不一样，一个地区的农业发展，要以当地农业现状为出发点，一步一个脚印前进；要根据原有的技术状况，逐步采用新技术取代老习惯，逐步改良农作物品种，改变农业生产条件，改革耕作栽培技术。这是一个技术改革和设备更新的过程，而不是在荡无人烟的沃野上新建一座现代化农场，不是平地起高楼。所以，要根据目前农业生产的情况，分析矛盾，找出妨碍农业生产发展的障碍因子，针对性地采用现代科学技术手段来排除障碍因子。在一个时期内，可能有许多障碍因子，所以要采取许多技术手段。这些技术手段，是互相影响、互相起作用而不可分割的。但它们对排除障碍、发展生产的作用有大有小，重要性不同。那么，能不能作出定量分析呢？开始时我们只能根据直观、判断来区别他们的重要性，很难直接作出定量分析。但是，却能通过投入统筹从反证中得到定量的反映。假如，在一个时期中，用于农业生产各项技术措施上的组合，我们叫它为“配伍模型”。这好比中医辩证论治中的一付中药方剂。一个病人请中医看病，经过诊断，医师给开个方，有几味药，这好比我们在一个时期中的几项技术手段。中药的方剂，每一味药有一定的用量，所谓君臣佐使，就是主药、副药和辅佐药。例如，有一个常用方剂“小承气汤”，由大黄四钱、枳实三枚、厚朴三钱组成，主要作用是泻火、通便，治疗胃肠实热、大便燥结。同样这三味药，把用量变为厚朴八钱，枳实五枚、大黄四钱，就成了“厚朴三物汤”，主要作用是行气除满，治疗气滞腹满。疗效就不一样了。我们搞农业基本建设，搞农业生产，在一个时期中采取的一些技术手段和措施，如建设基本农田、造林、种草、水土保持、改良土壤、修水库、搞喷灌、养猪、养家畜积肥，等等，也要有定量。假如没有定量，分不清这些措施哪个是主要的，哪些是次要的、一般的，等于是一付没有剂量的药方，就治不了病。假如定量不对头，也不能对症

治病。所以，指导农业生产，要分析农业生产中的矛盾，如农作物生长发育和土壤贫瘠的矛盾、和土地盐碱化、雨量稀少、气温低、无霜期短、日照不充分、杂草竞争、病虫危害、风沙雹洪等自然灾害的矛盾，还有人们的需要和农作物本身生物学、经济学特性的矛盾，等等，在这些矛盾中，找出主要矛盾，区别次要矛盾和一般矛盾，从而决定我们解决这些矛盾所要采取的各项技术手段、措施的投入量，开出一付能对症治病的方剂。最关键的问题，是要集中力量狠抓解决主要矛盾的那一项技术措施，也就是千方百计缩短统筹法中称之为关键工序的时间，就能加速主要矛盾的转化，促使提前结束一个阶段，提早进入一个与之衔接的后继阶段，从而大大缩短整个发展进程。

农事学的第二个方面是分析过程，寻求改造自然发展农业生产的最佳途径。我们在前面谈到农业生产系统从时间上来说是由若干阶段组成的一个时期。农业生产要不断发展，它的过程是永无止境的。诚然，我们无法预见太远的将来，但也能够实事求是地分析预测今后一个时期的发展过程。情况可能是这样的：随着时间的推移，我们所要解决的妨碍农业生产发展的主要矛盾开始是甲；而后，乙成了主要矛盾；再后丙又上升为主要矛盾。这是一个主要矛盾演变发展的过程。另外，可能有某一项技术措施要在先完成另一项技术措施之后，才能施行，在计划协调技术中叫流程特性，这是一个简单的顺序变化过程。这两种过程交织在一起，使农业生产的发展过程十分曲折复杂。但是，无论这个过程多么复杂，它有一根主要矛盾线，我们围绕这根主要矛盾线来考察问题。当我们正确分析每个阶段的矛盾，抓住主要矛盾，集中力量去解决这个主要矛盾时，情形就会发生变化，这个主要矛盾解决了（更确切地说，这个主要矛盾被转化为次要矛盾），农业生产便发展到一个新的水平，进入一个新的阶段。在这个新阶段中，又有妨碍农业生产向高水平发展的主要矛盾，我们又必须集中力量解决这个主要矛盾。于是，情形又发生了变化：这个主要矛盾又被解决了，农业生产又发展到一个新的水平，进入一个新的阶段。在这个新阶段中，又有妨碍农业生产向更高水平发展的主要矛盾，我们又必须去抓这个主要矛盾……发展农业生产的过程，就是我们用现代科学技术解决妨碍农业生产发展的矛盾的过程。在这个过程中，情形都不同，形成了各个不同的发展阶段。这种发展阶段，是由主要矛盾的转化而随之推移的。一个阶段有一个阶段的主要矛盾，所以，每个阶段解决主要矛盾的技术手段不同，同时其他各项措施的地位可能也有变化，所以，每个阶段的“配伍模型”都不同。也就是说，一个阶段有一个阶段的“药方”。

显然，如果我们掌握了这种阶段演变的顺序特征，就可以按照过程演变的客观规律，一个阶段一个阶段地按部就班，顺序推进，可望取得顺水行舟，势如破竹的

良好结果。总之，我们指导农业生产，认真寻求农业发展本身固有的顺序特性，依次一个阶段一个阶段地推进，避免曲折迂回，走一条改造自然，发展生产的最佳捷径，是能够做到的。这就要求我们深刻掌握与农业生产密切有关的生物学、生态学的规律，掌握各个地区的自然、经济特点和当前生产情况，依据这些规律和情况进行系统的分析和综合计划。

四

在今天这一讲，我们最后说说我们设想中的农业体制结构。

农业系统工程是强调实践的，是研究农业系统合理组建、最佳运行的一门实践工程。它是工程技术，只能在适当的社会制度和国家体制下发挥作用，建立这种制度和体制是生产关系和上层建筑的问题，是系统工程的前提。没有这个前提，系统工程再好也无能为力。我国是一个伟大的社会主义国家，国民经济建设有计划按比例发展，国家各级部分的组织是严密一体的，系统工程大有用武之天地。当前，加速发展农业，要认真落实党的十一届三中全会以来党中央有关发展农业采取的一系列政策措施和经济措施，充分调动广大农民的社会主义积极性，这是首要的条件，是农业系统工程的前提。

我国幅员辽阔，农业资源丰富，全国可以成为一个完整的自给体系。农业生产系统的分级，以系统工程的观点看，基层是公社，这样就是五级制：公社、县、地区、省、全国。这整个体系就是控制论里面的五级巨系统。在这五级巨系统中，省以下的每一级，都是上一级大系统中的分系统，同时本级都有自己条条和块块的分系统。

每一级的条条分系统，即同级的农业、林业、畜牧、水利、水土保持、水产、农机、气象、社队企业等部门，都是全局中的一个局部，它们之间互相促进，互相制约，有机地联系在一起，是组成这一级系统整体的不可分割的部分。所以，这一级的总体部门对条条分系统要综合统管，协调系统整体和分系统之间以及分系统之间的关系。

每一级的块块分系统，则是下一级的行政经济单元。同级的块与块之间，没有必然的有机联系，是相互不依存而独立的整体。一个生产大队，要在完成国家计划规定的指标任务同时，充分利用大队的资源，广开门路，增加生产，提高收入，创造最大最高的绩效，它不干别的大队的事。大队之间，一般是互不相干、互不影响的。在涉及大队之间关系的农业基本建设工程，上下游用水分配等问题上，要依靠公社来协调解决大队之间的矛盾。同时，公社与大队之间的上下级关系中也有矛盾

需要协调，公社和公社有矛盾，要靠县来协调，同时县与公社之间也有矛盾需要协调。这是多级系统的特点。如农产品征购任务的承担，国家支持地方发展的投资使用，化肥、机械等物资的分配，大型农业基本建设的施工等，要做到合理负担，共同受益，以求得全局的最好综合效果。全国范围的综合平衡和协调，则要通过国家计划和制定一系列经济政策、技术政策来实现，在这当中要使用运筹学的理论和电子计算机这个工具。整个工作的目标就是早日实现我国农业的中国式的社会主义现代化。在实践中我们也将建立起农业系统工程和农事学这两门新学问。

《农业系统工程》系钱学森与张沁文合写。原收录于《系统工程讲座》（上），中国科学技术出版社，1980年9月出版；后收录于《钱学森文集》卷二，国防工业出版社，2012年1月第1版。

第六次产业革命和农业科学技术

同志们，我接到金善宝教授、卢良恕教授写来的信，要我到中国农业科学院第二届学术委员会的会议上来讲一讲。我确实觉得我对农业科学技术是外行，作为一个外行到这靠近被摄体么一个农业科学院的学术委员会会议上来发言，很不妥当。但是，他们两位要我来。我看了看会议的日程安排，今天是最后一天了，我想会议的主要议程都完成了，要我来讲一讲呢，那就是给大家提供一些茶余饭后的话，这样就减轻了我的一点责任。因为不是正式节目，我这个外行来讲茶余饭后的话，所以我还可以鼓起勇气讲一讲。

我今天讲的东西，还是我最近想的一些问题，就是第六次产业革命与农业科学技术。刚才卢院长已经讲了，第六次产业革命这个概念，我不久前发表的一篇文章中已经说了。所以今天我要讲的内容，恐怕一半就不是新鲜的东西了，有点老话了，但老东西也得讲一讲，要不然不成为一个题目。所以，今天我要讲的，一半是老的，一半是从老的有点发展。

一、科学革命、技术革命、社会革命

要讲产业革命，必然联系到我们常常听到的其他的革命。革命是马克思主义哲学里一个非常重要的概念。什么叫革命呢？革命就是事物发展过程中出现的飞跃。马克思主义哲学辩证唯物主义的观点认为，任何事物的发展总是不平稳的，总是有曲折的，有时候前进，有时候停滞，有时候又会出现大幅度的变革，形成飞跃，这种飞跃就是革命。

社会现象中出现这种飞跃的可能性是较多的，我们常说的科学革命，就是人认识客观世界的飞跃；技术革命是人改造客观世界的飞跃；大家熟悉的社会革命，则是人类社会的制度，特别是所有制方面大的变化。今天，我还要提出来的叫产业革命。这几种革命，光说一个名词，恐怕还不行，还得举一些例子，以便大家可以比较形象地认识。

先讲科学革命，这是借用美国科学哲学家托马斯·库恩用的一个词。库恩在《科学革命的结构》一书中提出科学革命，他认为人认识客观世界并不是平稳的，有时会出现革命。库恩的书里有一些唯心主义的观点，是我们不能接受的，但是科学革命这个概念是符合马克思主义哲学的。

那么，在科学史上有些什么科学革命？有哪些是人认识客观世界的飞跃呢？这里可以举一些例子。比如说，古代人根据直观的观察，总认为太阳是围绕地球转的，形成地心说。后来在欧洲文艺复兴时期，就是16世纪中叶，哥白尼发现这不对，认为是地球绕着太阳转，推翻了地心说，建立起日心说。这是人认识客观世界的一次飞跃，是一次科学革命。这样就开始了对物体的运动有进一步的研究，使得在17世纪下半叶，创立了牛顿力学，打破了一直从古希腊时期延续下来的关于运动的看法。从前，认为物体的运动，必须有一个力在推动，没有推动力物体就不运动了。牛顿推翻了这种看法，认为物体只有在加速时才需要力去推动，如果物体保持原来的速度，则不需要力去推动。这在对运动的认识上，推翻了过去错误的概念，建立了新的、正确的结论，也是人认识客观世界的一次飞跃。所以牛顿力学的建立，也是一次科学革命。再往后就多了，从前西方人认为物体能燃烧是因为有“燃素”。后来，拉瓦锡证明了是因为空气中有氧气，燃烧是一种剧烈的氧化反应，从而推翻了“燃素说”，建立了“氧化说”。他的实验是很能说服人的，这在当时是惊天动地的，所以氧的发现也是一次科学革命。到了19世纪以后，科学革命的事例就更多了。比如，恩格斯就特别指出，在19世纪中叶就有三项划时代的科学发现，第一是细胞的发现，第二是能量的转化，第三是生物进化，即生物的演化。现在我们用科学革命的概念，这三大发现都是人认识客观世界的飞跃，都是科学革命。科学是人对客观世界规律的认识，所以，不仅是自然科学，社会科学也有科学革命。19世纪中叶，就有两次社会方面的科学革命，都是马克思创立发展的。一次是提出了并建立了历史唯物主义，再一次是提出了剩余价值学说，这两次都是人认识社会的飞跃。再往后，就有电磁场的理论，把电和磁结合起来，这也是人认识客观世界的飞跃。到了20世纪初就更多了，比如巴甫洛夫的心理学，把人的心理作用和大脑的活动直接联系起来，这也是了不起的事，当时得到了列宁的很高评价。还有像相对论、量子力学的出现，都是人认识客观世界的飞跃。从前，牛顿力学是解释宏观的现象，量子力学的出现，增加了我们认识到宇宙的层次，可以使我们的工具深入到微观。相对论的出现，特别是广义相对论，为我们认识宇观世界，如大到10万光年的银河星系等大系统，提供了认识工具。所以量子力学和相对论都是人认识客观世界的飞跃。

我们回顾历史上，人认识客观世界一次又一次地有突破，有大的突破，改变了以前错误的认识，这些都是科学革命。我举这些例子是想说明：科学革命就是人认识客观世界的飞跃。当然，我不是讲科学史，真正要研究的话，利用这个观点去研究科学史，那还可以更仔细地推敲一下我讲的这些是否都很合适，是不是份量都对，这还可以进一步研究。但是，科学革命是人认识客观世界的飞跃，这个观点我

想是可以成立的。

第二是技术革命。人认识客观世界是为了改造客观世界，人改造客观世界的飞跃，就是技术革命。技术革命这个词，毛泽东同志很早就用过，特别是在他的晚年，把这个概念更明确地定义了一下。当时是1969年，为了区别技术革新和技术革命，他在一个文件的批示上讲，一般的小的技术改进，可以叫做技术革新；而在技术上带根本性的、有广泛影响的大的变化，叫做技术革命。毛泽东同志还举了三个例子。一个是蒸汽机的出现，一个是电力的出现，另一个是原子能（现在我们叫核能），都可以称为技术革命。这样，就把技术革命的涵义很精确地定义下来了，我认为也就是人改造客观的技术的飞跃，这种飞跃的影响不是光局限于局部的某一方面，而是对生产力的发展有普遍的、有很大的推动作用。

从这个涵义考虑，我们还可以追溯历史上出现的其他技术革命。在远古时期，人开始学会使用石器，即石器的制造。这在当时对于人改造客观世界是件了不起的大事情，也是人改造客观世界的技术的飞跃。所以石器的制造，在历史上是一次技术革命。火的利用在当时也是了不起的变革，也是一次技术革命。后来，由于科学技术带了头，科学研究带了头，把科学认识客观世界的规律掌握了，进而改革客观世界的发现创造就更多了。到了近代，蒸汽机的出现，内燃机的出现，化学用到生产上，即化学工程技术的出现，电力的出现，无线电的出现，通信技术的出现，航空技术的出现，这些都是人改造客观世界科学技术的飞跃，都是当时的技术革命。到了20世纪中叶，技术革命就越来越频繁，可以说是成群地出现的。到了现在，大家谈得很多的新的技术革命，像电子计算机、遗传工程（或叫生物工程）、激光技术、核能、核技术、航空技术、海洋工程等等，这些都是技术革命，我们常常把它们统称为“新的技术革命”，就是20世纪中叶以来的技术革命。所以我们说，新的技术革命不是单数的，而是复数的，是一个新的技术革命群。

另外我觉得，这些新的技术革命群，仅仅包括这些内容恐怕不够，还应该增加一项。这里需要强调一下，就是我们常说的新的技术革命里没有包括的，但是我认为非常重要的一个技术革命，这就是系统工程。其实，系统工程并没有什么奥秘的地方，就是把我们天天在做的工作、办事科学化了。从前我们不认为事务是一个科学，没有把它上升到科学的高度。在本世纪一开始，由于大规模工业的出现，导致了科学管理如泰勒制的出现，开始用一些计量的科学方法。第二次世界大战期间，由于军事活动的复杂性，不得不运用一些数学的计量方法，所以就很快发展起来了。所谓系统工程（也叫系统分析、运筹学或运用研究，等等），就是现代科学技术用到事务管理方面，用一套科学方法总结经验。我认为系统工程确实是很重要，现在已经普遍地发现要用于各个方面。我们很多领导同志，在说搞好组织管理、提

高经济效益时，常常提到系统工程。可见系统工程很重要，应该也是一个技术革命。对于复杂的系统，不论是一个工厂，或者是一项事业，大至整个国家，要组织管理这样一个自然的或人造的复杂系统，现在不是靠思考、设想、估计就行了，而是要靠定量的科学分析。这是一个了不起的变化。所以系统工程也应该作为人改造客观世界的飞跃，也是技术革命。

用这样的观点来看待科学革命和技术革命，恰当不恰当？我对毛泽东同志在这个问题上说的话，理解得对不对？大家还可以研究。

一般来讲，人们是认识客观世界在前，改造客观世界在后。到现在大概是这样的，现在的技术革命往往都是由于科学有了比较大的发展后才发生的。因此，有人就认为都是科学革命在前，技术革命在后。实际上不完全如此。在远古时期，还没形成科学，虽然人对社会实践，对客观世界有所认识，但还不是科学，不是现代意义上的科学。所以远古时期的技术革命比如上面所说的石器的制造、火的利用，等等，不能说是来源于哪个科学发现、科学革命。比如火的科学理论，要到“燃素说”被推翻后才形成。我们要用马克思主义哲学的眼光去分析科技史，在考虑这些问题时要实事求是。

历史上，到底有多少次科学革命，多少次技术革命，这些问题应该由科技史家们去斟酌研究。我上面例举的一次次，也不一定都对，这是一个很重要的学术问题。我不赞成有的同志有点随心所欲的概括。湖北省委政策研究室有位同志，认为18世纪末资本主义发展以来，就有三次科学革命，三次技术革命。我写信说，这件事要好好研究，我讲的也不一定对，你讲的也不一定对，这是科技史研究的一个问题，要实事求是。

还有一个革命，是大家都很熟悉的，没有什么不同的意见，就是社会制度的飞跃，我们都叫社会革命，或者简称革命。比如从原始公社的公有制崩溃到奴隶社会私有制的产生，这是一次社会制度的大变革，是飞跃，是一次社会革命。就是在私有制的前提下，也有社会制度的大变革，比如从奴隶社会到封建社会，又比如从封建社会到资本主义社会。社会主义制度的建立又是一次社会革命，再一次确立了公有制。这些都是大家熟知的社会革命。但是，大家也不要忌讳，说社会革命就到此为止了。上面说了，从奴隶社会到封建社会的社会革命，并没有把私有制推翻了；从封建社会到资本主义社会，也还是在私有制的前提下进行的社会革命。那么，我们现在确立了公有制，我们的社会制度是否就一定不变了呢？不是的。大家不都是还要为共产主义而奋斗吗？这共产主义就和现在的社会主义不一样嘛！我们现在是按劳分配，将来要按需分配的。那么，是不是到了按需分配的共产主义，社会就停止了发展呢？恐怕也不对。最近看到胡乔木同志的一个讲话，他说恩格斯到晚年，

也没把话说死，也说社会主义并不是一个固定的东西，还会发展、变化的。他说党的十二届三中全会《中共中央关于经济体制改革的决定》，在马克思列宁主义方面的突破所在，就是把马列经典著作中的社会主义概念发展了。就是到了共产主义社会，一切都按需分配了，社会也还会发展的，还会出现社会制度的飞跃的。而人将来还要到太阳系去呢，那还不是大的变化呢？人都到了太阳系了，社会就恐怕不是现在这个样子了。所以事物是发展的，随着人类社会的发展出现的新的发展，都是社会革命。

科学革命、技术革命、社会革命，这三方面的问题不太大，大家都比较熟悉。

二、产业革命

现在我要讲的是产业革命，这是有争论的。有的人说不存在产业革命，但我认为有产业革命这个概念。我的大根据在经典著作里，在《资本论》和《英国工人阶级的状况》里，你都可以找到讲产业革命的地方。中国社会科学院马列主义研究所冯兰瑞、刘世定两位同志在《未来与发展》1984年第4期上发表了《以马克思主义的科学态度和方法研究世界新产业革命》一文，提出了我们面临的是新产业革命，肯定了产业革命这个概念。另外，中央党校的教师同志发现《资本论》中译本序言里有个词是“社会经济形态”，而在原文（德语）中是OKonomische Gesellschaftsformation，即“经济的社会形态”，乱子出在俄译本译成了“社会经济的形态”，结果中译本干脆成了“社会经济形态”，这到底是“社会的经济形态”，还是“经济社会的形态”，还是“社会经济的形态”，使人不好理解。实际上，马克思在《资本论》序言里涉及的问题是当时（18世纪末、19世纪初）发生的变化。在恩格斯的《英国工人阶级的状况》一书里，我们可以读到他用很大篇幅描绘了18世纪末到19世纪初近60年中，由于蒸汽机、动力和大工厂的出现，英国在工业、交通运输以及农业方面翻天覆地的变化，并且把这样巨大的变化叫做产业革命。从恩格斯的书中，我们可以领会到产业革命决不是说哪一个局部的变化，不是生产技术应用到哪一个方面所引起的飞跃，而是全局性的、整个生产体系的飞跃变化，不只是工业，还有农业、交通运输以及经济关系的变化。如果下一个定义的话，产业革命就是经济的社会形态的飞跃，它是社会形态，是经济方面的社会形态的飞跃。因此我觉得确实有产业革命，正像上面冯兰瑞和刘世定两位同志讲的，肯定有产业革命。这样，我们就把眼光放远了。

在人类社会历史上，过去出现过哪些产业革命呢？我认为第一次的产业革命是农业、牧业的出现。在1万年以前的原始公社时期，人从完全依靠采集和猎取自然

界的野生果实和动物产品而生活的生产体系，转入了发展农业和牧业。人开始不完全依靠自然，有了一点主动权，靠自己的劳动来控制生产，由此生产体系形成了飞跃。第二次产业革命是商品生产的出现。大约在3000年前，也就是中国的奴隶社会里，从完全为自给消费的生产，开始为交换而生产，就是商品生产，这对生产关系是一个很大的发展。这里附带讲一下，商品经济是由来已久了。不是像有的同志讲的那样，商品经济搞不得，一搞商品经济就是资本主义。奴隶主义、封建主义社会也有商品生产啊！可见商品经济也不限于资本主义了，社会主义也可以有商品经济的。当然中央在《决定》里讲的是有计划控制的商品经济。第三次产业革命是大工厂的出现，这是我们经典著作中常说的产业革命，发生在18世纪末的英国。这里请同志们注意，在英国的资产阶级夺取了政权以后，才出现产业革命的，所以是社会革命促使了产业革命的出现。第四次产业革命就是更大规模的、全国性的以至于跨国的、全世界性的生产体系的建立。这次19世纪末、20世纪初的变化还是很大的，没有这一次，你不可能想象现在发达国家有这样的一个生产体系。我国建国后，工业生产有了很大的发展。但是这些工业是小而全、大而全，就是一个工厂无所不包。这种生产方式实际上是陈旧的，是第三次产业革命的方式，而不是第四次产业革命的方式。在国外，没有搞到小而全的，都是社会化的协作生产。像美国那么大的通用汽车公司，连发动机都不是自己生产的，更不用说小车轮了，都是社会化的协作。所以，我认为现在城市改革是补第四次产业革命的课，我们落后得很厉害。我们过去工业的经营，实际上是英国18世纪末、19世纪初的那一套，非常落后。第四次产业革命带来的变化也是很大的，列宁从政治的侧面总结了这个变化，就是那本名著《帝国主义是资本主义的最高阶段》。同志们在读这本书时，既要注意列宁对帝国主义反动本质批判的一方面，也要注意帝国主义生产体系中所代表的现代化大生产规律的一方面，从一个工厂无所不包的生产，变成全国规模的以至于跨国的世界范围的生产。资本主义从自由资本主义发展到垄断资本主义的时候，它的生产体系、组织结构和经济结构也经历了一次飞跃，就是第四次产业革命。

现在，有人避开产业革命这个词，而用“新技术革命”一词。有位同志问我，说现在有两个词，一个叫新的技术革命，一个叫新技术革命，这怎么区别呢？我琢磨了一下，区别就在“的”字，就是现在出现的一些技术革命，一项项的就是新的技术革命，它们概括起来，加在一起，就叫新技术革命。我认为“新的技术革命”并不是技术革命。技术革命就是上面讲的这个概念。遗传工程、生物工程、激光技术、电子计算机、航天技术、海洋工程，等等，这些都是技术革命。但把它们加在一起，所有这些新的技术革命，对于生产、生产力的发展以及生产关系、生产组织、生产体系的影响，就不只限于技术的问题，不是技术革命的问题，而是产业革

命的问题。

“新的技术革命”，实际上是第五次产业革命的别名，其核心问题就是信息革命，也就是国外讲的信息社会。我们的电子计算机专家洪加威教授在《红旗》杂志1984年第10期上发表了《信息、计算、社会的信息化及其他》一文，认为信息社会有点说不清楚，如封建社会、奴隶社会，等等，怎么又出了一个信息社会，所以他加了一个“化”字，叫“信息化社会”，意思就是说信息和情报在今天或将要到来的社会里的重要性。我想这一点没有错，邓小平同志题词中就有信息就是资源嘛。实际上，我们进入的生产体系，就要来到的这个社会里，如果没有信息，那是什么事也办不成的，经商要是没有信息，就会亏损、尽办傻事。办工厂要是没有信息，生产出来的产品用户不要，就成了亏损户。如果要使生产出来的东西市场需要、用户需要，要卖得出去，能够赚钱，那你就需要信息。大家都知道，搞科学研究要是没有文献资料，不知道别人在干什么事，光闭门埋头干是不行的，反正我没这个本事。我干工作的头一件事，就是要打听人家在干什么。以前我们在国外时，非常重视信息，作为研究工作者，我们的同事总是打听有什么新鲜信息。假使在我这一行中，有一项新的工作，如果我一个礼拜还不知道，我认为这就糟糕了，差劲了。那是在一个发展很快的环境里，信息很重要。现在我们要加速发展，要翻两番，没有信息，我看不行。所以我认为，第五次产业革命的核心就是信息问题，这里要抓的问题很多，我们这个国家就是信息不灵，不要说一个礼拜，就是二个月、一年、二三年不知道也没事。真是落后啊！要赶上去，这是个核心问题。这里通信问题非常重要，有个统计很能说明问题，现在我们整个大陆的电话机数量，与仅有500万人口的香港一样多，电话机有了，有时非要气壮才能听得见。所以，我们信息不通，离信息化社会要求差得很远。还有情报的收集、整理、储存、检索，最后提供给用户，这要加工。我过去说过，加工是一个很重要的过程，要不然用户要什么情报，你提供的对不上号，这没有用。信息情报浩如烟海，你怎么从中提取用户所要的信息，这很不容易。将来这方面的工作量是很大的，所谓电子计算机以至于我呼吁的第五代智能计算机，是有智能的能力，这些都是由于信息的重要性所提出来的一系列问题，将会有一个翻天覆地的变化。尤其是对我们国家来讲，即将来临的第五次产业革命对我们的冲击是很大的，因为我们差得太远了。

三、第六次产业革命——农业型的知识密集产业

以上讲了，我们不但要迎接第五次产业革命，而且要为第四次产业革命补课。现在，我讲的比这个更远一步，就是第六次产业革命。当然将来也不是就到此为止

了，还会有第七次、第八次产业革命，人类社会总是不断地发展的嘛！今天着重讲一讲第六次产业革命，因为它与农业科学技术的关系特别密切。并且中国农村现在有了很大的发展，发生了很大的变化，差不多日新月异，所以我们要作这个思想准备，要预见到第六次产业革命。

什么叫第六次产业革命呢？我认为就是建立农业型的知识密集产业。知识密集型产业，就是把所有的科学技术都用在生产上，靠高度的科学技术的生产。那么，什么叫农业型的呢？农业型的产业就是指像传统农业一样，以太阳光为直接能源，靠地面上或海洋里的植物的光合作用为基础，来进行产品生产的生产体系。太阳光是一个强大的能源，在我国的地面上，每平方厘米每年有120～200大卡的能量，也就是每亩每年接受太阳的能量相当于114～190吨标准煤。这是农业型产业得天独厚的优势。

当然，这里并不是说这些太阳能都能全部为植物的光合作用所利用而合成产品。限于水和肥料的供应，限于光合作用所必需的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，上述巨大太阳光能只有很小一部分转变为植物产品。这个比例不到1%，常常只有1‰。那99%以上的太阳光能到哪里去了呢？还没有立即离开地球，只是释放在空气里，用来升高气温，用来蒸发水汽。风和雨就是这样产生的。所以，太阳光还能在地球上转化为风力和水力资源，农业型产业也要利用风力和水力发电用于生产。

就是变成植物产品了，光合作用生产的产品，人也不能全部直接利用。就以粮食作物来说，籽实在干产品中占不到一半，其他60%是秸秆。现在农村缺燃料，往往把作物秸杆当柴烧，肥料和有机质不能还田，这是个大损失。

首先我们要考虑的是要提高农业的效益，就在于如何充分利用植物光合作用的产品，尽量插入中间环节，利用中间环节生产有用产品。例如利用秸杆、树叶、草加工成配合饲料，有了饲料就可以养牛、养羊、养兔，还可以养鸡、养鸭，养鹅。昨天，卢院长也提出了这个问题，大力发展饲料工业、畜牧业是采取的四个对策之一。不但这样，牛粪可以种蘑菇，又可以养蚯蚓。蚯蚓是饲料的高蛋白添加剂。它们排出的废物也还可以再利用，可以加工成鱼塘饲料，或送到沼气池生产燃料用气体。塘泥和沼气池渣最后还可用来肥田。这就是中间插入很多环节，而且利用这些环节产生人所需要的，有的还是营养价值很高的东西。现在我们在报上常常看到的很多生产搞得好的，就是应用这个方法。

这样，我们一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用现代工业生产技术，也就是把全部现代科学技术，新的技术革命的成果，全都用上了。不但生产技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得

很紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。它是一个值得重视的方向。这样搞下去，我觉得会有飞跃的。它已经不是传统的农业了，不是单个方面的生产，而是一种生产体系，一种产业，其特点就是以太阳光为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产。并且我们可以注意到，只有直接利用太阳光能的植物生产才占用地面，其他的生产过程，或者是利用动物的，或者是利用微生物的，或者是工业加工，这些都可以在厂房里进行。厂房可以是楼房，也可以在地下，少占地面或不占地面，这样对于我们国土面积的利用率就大大提高了。

现在我再讲一讲农业型的知识密集产业，到底分几方面，分几业。农业型的知识密集产业可分五类。第一类是我们最熟悉的，就是农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础。这个产业是目前最受注意的，因为它在我国是劳动力最多的，也是产值最高的农业型产业。它包括的不只是种植业的农，也有绿化的林，养畜的牧，养家禽的禽，养鱼的渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业、微生物（沼气、单细胞蛋白）业，当然也必须有副业和工厂生产的工业，所以是十业并举的农业产业体系。现在农田面积16亿亩或21亿亩，现在我们看到很多报道都是这个方面的。从前说是专业户、万元户，现在看到山西大同县发展了超大型的专业户，有的一户售粮10～50万斤。今年全县已有195个，占全县农户总数的0.5%，经营全县耕地的6.3%，平均亩产要比一般粮食生产专业户高1.2倍，共售粮2400多万吨，占全县售粮总数的30.3%，他们的商品率高达87%，人均售粮达到9000多斤，是全县人均售粮的19.5倍。这些大户的生产效益也高于一般的种粮户，他们投入100元，收入平均到288元。他们用科学技术，用机械设备，已经向知识高度密集方面发展了。这个发展对我们农业科学技术的压力很大。当然，这个产业还可以发展，还有大量的工作要做，比如发展畜牧业。再进一步，还可利用微生物，沼气也要发展。我看到一条消息，广州市南面幸福乡除种植业外，还发展塘鱼、蚕桑、甘蔗、香蕉，等等，搞得很好。从前，他们人畜的粪便向来都是直接下鱼塘的。中国科学院广州能源研究所的同志说，人畜粪便以可先放沼气池里产气，然后把沼气渣放到鱼塘里。但农民说这样会把劲提走了，经过实验做通了思想，后来发展很快。几亿人在创造，你挡也挡不了。现在的问题就是我们怎么来领导，群众创造是可贵的，但还要科学技术，还要领导、组织，通过试点去诱导。为了深入研究和发展这类产业体系，我想有必要考虑在不同地区，根据不同自然条件设置试验点，调集科学技术力量，创造经验，开辟道路。

试验点该有多大？关于这个问题，我们要看得远一点。历史上，资本主义社会在形成过程中是破坏农村，建设城市。农业搞得比较好的法国，在最近的几十年中，农村也是走向没落的，人口涌向大城市。我们今天要走城市和农村同时建设，

城市和集镇、工业和农业协调发展的道路。上述农业产业的据点是集镇，大约万人左右，其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归。其他生产如粮食的深度加工、食品工业等刚才讲的插入的中间环节，也都在集镇。集镇是生产和文化教育中心。我们再进一步发展，现在农村已经开始盖楼房了，还可以盖高一点，少占一点地面嘛。将来甚至可以是发展到地下建筑，冬暖夏凉，节省了空调，又完全不占地面，地上是园林，给人们游乐休息。所以试点要选择在发展可能形成集镇的点。从前集镇的发展有点自发，现在国家应该派专业队伍去指导，一方面可以去学习，收集群众的创造、经验，然后科学地提高，再回到群众中去；另一方面去指导，群众还没有做到的，你可以教他去做。

第二类是林业产业，这里的林业不光是种树，而是又一类农业型的知识密集产业。如果包括宜林荒山，我国林业面积可达45亿多亩，是农田面积的两倍多。现在林业的形势落后于农业，尚在探索最适当的生产关系。这方面听到的报道不太多，只有一条消息，今年电台说贵州有发展，大面积的林业合作社，跨县协作生产。这种情况很少，但是可以清楚地看到，这是一个方向。

生产关系和生产体制方面的问题解决了之后，就要解决林业生产的生产组织和生产技术问题。我们还不是附带的搞一些种植树木的林业，而是大规模地搞。这方面要发展木本植物。食用油和工业用油的生产，可以参考农业产业的一些做法搞多层次的综合生产。林业产业当然也有牧、禽、虫、菌、微生物、副业和工业的生产，也会有些农田种植业和鱼池养殖业。

但作为林业产业特点的是林木加工和森林枝叶的利用。现在把原木运出林区到城市加工的做法值得考虑。能不能把木材在林区加工到半成品、成品？能不能从林区直接运出纸张？这样加工过程中的木屑、锯末、纸浆的废液，都可以利用。再加上枝叶的利用，那么林业产业就可以大搞饲料，发展畜牧业。牲畜粪便又可以养蚯蚓等，获取饲料的蛋白质添加剂。而它们大量排放的有机废液又可以用来生产沼气，作为林业产业的燃料产品。这样，我国林业产业不但提供食用油、工业用油、木制品、纸张、肉食、乳制品等，而且能每年提供相当于上亿吨标准煤能量的沼气。

创建知识密集的林业产业也要通过试点，取得经验。因为这不是小面积的问题，而是规模较大的，是一个林业区的试点，我不清楚国家是否在考虑。第三类是草业产业，是草原经营的生产。启发我的是，内蒙古自治区的周书记在《人民日报》上发表了一篇文章，说内蒙古自治区发展草原是有成绩的，从1947年到1983年这37年中，内蒙古自治区的13亿亩草原，畜牧业累计产值100多亿元。这100多亿元一听也不少，可是一核算，折合下来平均每亩每年产值才2毛钱。我国的草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有43亿亩，差不多是农田面积

的3倍。但是，我国目前草原的经营利用十分粗放，效益很低，如上所说，顶多搞点草仓库。应突破传统放牧的方式，在利用科学技术把草业变成知识密集的产业以后，这种状况是可以改变的。

怎样利用现代科学技术发展草业呢？还得从利用太阳光这一能源做起，搞好光合作用，也就是要精心种草，让草原生长出大量优质、高营养的牧草。这里有引种和培育优良草种的工作。还有防止自然界的敌害工作，如灭鼠。1亩草原经过这种科学改造，亩产干草可以比现在大大提高。

不用放牧，这草就要及时收割下来，运送到饲料加工厂搞添加剂。这里有个一年能收几次和何时收割为最好的问题。但以牧草为基底的饲料加工技术是比较成熟的。

既然集中在工厂生产饲料，饲料牲畜也当然是集中的、工厂化了的。

畜产品的乳和出栏供屠宰的牲畜，这都要运到集中的加工厂进一步加工，综合利用。而这里这些产品，如血粉、骨粉又要返回到分散的饲料厂作为添加剂。

根据前面讲的多层次利用的设想，饲料加工的废料和饲养点的牲畜粪便也要充分利用，种菌、养蚯蚓、养鱼、造沼气等。沼气多了还可以用来开汽车，开拖拉机，发电。这种生产和定居点大约几百人的居民，构成草业的生产基地，它经营的草原范围有10～20公里。既然是几百人的居民点了，就可以有小学和初级中学。有用沼气和用风力的上千千瓦的电站，有生产及生活用水的供应等，从通信广播卫星可以直接接收电视广播节目，这就是现代化的草业新村。

畜产品的综合加工厂设在县级小城市。那里也是政治文化中心，应该有草业的中等技术学校和师范专科学校。

创建这种知识密集的草业产业就不会像过去那样，每年1亩地才2毛钱产值，而要高得多。在我国43亿亩的草原上，每年可能获取几千万吨的牛、羊肉和大量的乳品，我国人民的食物构成也将改观。现在中央很担心，我们老吃粮食是不行的。我刚回国时，把主食、副食的关系都弄倒了，好容易才改过来，将来我们还要再倒回去。这样，我们的身体健康水平要好得多。

这样一个草业产业的概念，并不是光种草，而是开发成片的草原地区，形成一个综合多层次的产业生产，种草只是基础。最近我看到另外一条消息，南京大学的任美锷教授提出，不要一提种草尽看着草原，我们在沿海海滩种草好得很。这对我很有启发，就是说我说的草业可以到沿海海滩上去发展，在种草的基础上发展畜牧业，搞奶、肉产品。

当然，要做到这一点，也要选择适当地区建立试验点，以取得经验。

第四类农业型的知识密集产业是海业产业，是利用海洋滩涂的产业。我国的海洋渔业实在是太落后了，我国近海有70亿亩海洋滩涂，其中浅海滩涂为22亿亩，

的确是一个庞大的资源。当然在这里，我们主要靠海洋中天然生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞。所以类似于草原放牧，草是天生的，放牲畜去吃草生长育肥。当然长期以来我们连放牧式的海洋渔业也远没有做到，只捕捞而不养殖，就如人类原始社会早期畜牧业出现以前，以打猎为生。我们由此也就悟到创建知识密集型海业产业的道路，就是“转‘猎’为‘牧’”。

但我们以前总好像不认为海业是一门自成体系的产业，而是所谓渔业或农业的一部分，最近开始有了转变的兆头。山东省荣成县认识到他们有300多公里的海岸线，50万亩浅滩，水产量占山东省1/3，要建设一批以水产品养殖和加工为主的港口小城镇。在这批城镇中有水产品加工厂、副食品厂、塑料厂、阀门厂、渔船修造厂和对虾养殖场等，已初步构成产业体系了。这是认识上的一个飞跃，就是真正认识到了近海滩涂充分利用的价值。

有了正确的认识就可以探讨建设海业的措施。这里，一个方面的问题就是改进近海渔业。我国近海面积是日本的5.6倍，而1982年我国全部海洋渔业的产量才是日本近海渔业产量的46%。改变这种落后状况的一个技术措施是投放人工鱼礁，造成在近海鱼类栖息的好环境。只此一项就有可能把我国近海渔业产量提高十几倍，达到每年5000万吨。

再进一步，我们还应该把海洋渔业变成“海洋放牧”。这就是利用有些鱼类回游到淡水产卵孵化的习性，创造河港中鱼苗生长的条件，鱼苗长成幼鱼自己进入海洋；成鱼又会从海洋自己回来，正好捕获。我国的高级食用鱼如大马哈鱼和鲥鱼都属此类。我们现在很糟糕，这些好鱼越来越少了。

海业产业的范围当然比上面讲的大得多，还有海带、海藻的养殖业，虾、贝的养殖业。上面说这方面我们很落后，当然不是都落后了，据说我国的海水养殖业，就是海带、海藻、虾、贝的养殖，还是很先进的。1983年底，我国的海水养殖面积有280万亩，按照国际标准产量达226万吨，占世界海水养殖总量的45%。当然我们还可以发展。而且海产品多了，必须发展加工和深度加工以充分综合利用，我们有这个技术嘛。要真正形成知识密集型产业，要考虑多层次的加工和辅助设施。

当然，建设和发展海业产业集镇，多层次地利用所有近代的科学技术，也要通过国家的试点，创造经验。我也是很积极的，写了一封信给荣成县县委，把我那篇文章也寄去，划了红道，意思是说这是讲你们的，结果他们很客客气气地给我回了一封信，好像是说待以后再说吧。

第五类农业型知识密集产业是利用沙漠和戈壁的沙业产业，我国沙漠和戈壁大约16亿亩，和农田面积一样大。沙漠和戈壁并不是什么也不长，极干旱不长植物的只是少数，大部分还是有些降水，有植物生长，有的还长不少的多年生小植物。也

有小部分干旱地沙漠化了，那是可以考虑引水灌溉的。

目前人们从沙漠和戈壁获取的只限于特产的药材，但也只采不种。我们没有一个经营的概念，实际上这16亿亩沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。作为沙业产业，就应该既采又种，提高产量。最近看到一项研究工作很有意义，说有一种无机物可以在沙漠中利用太阳光的能量来固氮。沙漠里的太阳光很充足，我们远远没有利用这个潜力。现在国外有人研究在沙漠地里种一种耐干旱的“石油植物”，收割后可以提炼类似原油的产品。这样，沙漠和戈壁成了取之不竭的地面油田，还可以干点别的，那真是沙业的大发展了。我觉得我们没有做工作，这方面还是一个空白，但是在科学上来说，这16亿亩的沙漠和戈壁滩，也不是完全不能利用的。

在上面，我简单地阐述了我们称之为农业型的知识密集产业，一共5类。农、林、草、海、沙之分，是以其主要生产活动来定的。在某一类产业中某一具体的生产活动也会与另一类产业中某一具体的生产活动相同，有交叉。例如农业产业中也会有林木的经营，而林业产业中也会有种植业生产。但产业类型还是可以划分清楚的，即以主要生产活动划分产业类型，因为它决定了整个产业的结构。

现在是有这种可能性，那么我们怎样来实现这种可能性呢？首先，就是我们要把现在8亿农民在实践中创造的经验系统地收集起来。在这一点上，中央给我们在经济上、政治上做出了很好的榜样。我们常常说，农村的变革是从十一届三中全会后开始的。但是在1978年12月22日十一届三中全会公报里，对于农业实际上只讲了一个原则。那么具体怎么做呢？经过三个季度的实践总结，根据人民群众的实践，加以归纳、总结，得出总的方针政策，这就是1979年9月28日十一届四中全会通过的《中共中央关于加快农业发展若干问题的决定》。然后经过一年的实践、总结，1980年9月27日中共中央又印发了《关于进一步加强和完善农业生产责任制的几个问题》。又是经过一段时间，把群众创造的经验集中起来，1981年3月8日，有一个《中共中央、国务院关于保护森林发展林业若干问题的决定》。1981年3月30日，中共中央转发了国家农委《关于积极发展农村多种经营的报告》。后来，每年的一号文件都是关于农村的，几乎成了惯例。1982年1月1日，中共中央转发了《全国农村工作会议纪要》，1983年、1984年也是这样，1985年又将有一个。就是这样，根据广大群众的创造经验，以马克思主义普遍真理与中国革命的具体实践相结合，制定出方针政策。现在群众有大量的创造，当然也有科学技术方面的发展，几乎是日新月异，我们的信息工作跟不上。因此我建议有一个集中的资料汇编的地方，我不知道该由哪个单位来搞，是中国农村发展中心呢，还是其他单位来搞。不过这件事一定要做，因为大量的发展要集中起来，这是我们考虑未来发展的素材。我们要有事实根据，而不能凭空想象。十一届三中全会以来，中央在农业方面就是这样一直

在给我们做出了榜样。

现在说第五次产业革命，谈到外国的东西比较多，因为他们在科学技术上走在前面。但是，我们中国农业发展的道路与他们所走的道路是不一样的。社会主义的中国，在十一届三中全会以后，在中国共产党的领导下，我们8亿农民创造了一条自己的道路。我们可以直接借鉴外国的地方当然很多，但是不能从总体上来借鉴外国的农业发展。为此，我认为就是要创建农业型的知识密集产业，也就是知识密集型的农业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。假如我们真正走到那一步，很可能会消灭三大差别。首先，城乡差别就没有了，上面所讲的集镇、居民点，都是文化水平相当高、文化设施齐全的。第二，工农差别也要消灭，因为这些知识密集型的产业生产，其组织的严密性与大工业是一样的。这样，因为知识密集型的产业生产，城乡差别要消灭，工农差别也要消灭，自然会带来体力劳动和脑力劳动差别的消灭。从前，我们觉得三大差别的消灭要等到共产主义社会，社会主义的高级阶段，现在看来，三大差别的消灭很可能要出现在社会主义中国的21世纪，这就是我所理解的，最近邓小平同志多次讲到嘛。

我们要充分利用现代科学技术的成就，包括第四次产业革命的大规模生产组织的技术和第五次产业革命的全国以及全世界信息化、情报技术和社会的分工、组织技术。我们要赶上去补课，运用第四次产业革命，然后迎接第五次产业革命，这些都是为了在下个世纪的中叶，完成第六次产业革命。从现在说起，我们要看60年，制定60年的战略，小平同志说的三五十年的时间就是这个目标，实现第六次产业革命。或者算总账的话，要用70年时间，走完世界上几百年时间的发展过程。这实际上是社会主义建设的长远规划，涉及的范围很大。

为了实行农业型的高度知识密集型产业，必须提出大力培养农业型产业专门人才问题。现在我国农林专业在教育系统中重视得很不够，工科专业比重过大。这个比例失调一定要改正过来，大大增加农林专业、生物专业、轻工与食品工业专业的招生人数，包括高等院校和中等专业技校。在农业型的高度知识密集产业里，需要多少科技人员、多少知识分子呢？8亿人里大学生占1／10就得要8000万人，比现在所有知识分子的总和还多，并且恐怕不是现在农业大学的大学生，要比那个范围还宽。因此，我建议创建一种新型的高等院校——“理农综合性大学”，这也是改变社会观念所必需的。多年来人们对理工综合性大学很尊重，而对农科大学就另有看法。美国的名牌大学都是理工综合性大学。美国人带了个头，麻省理工学院就是一个典型。后来英国人、德国人也跟上来了。好像这“理”只能用在工，我们到现在还是这样，著名的清华大学、上海交通大学、复旦大学目前在改革中都要办成理工综合性大学，从来也不提与农搭边。我们要看到发展，重视农业型知识密集型产

业，为了培养新型的农、林、草、海、沙的专业人才，要创立一个新的概念，就是要办理农综合性大学。

四、我们的对策和措施

第六次产业革命涉及的问题很大、很多，一下子也说不清楚，这里仅是讲一讲与其有关的科学技术方面的研究工作。既然如此，那么农业科学的范围就不光是我们过去传统认识的内容、范围了，而是应当从全部的、农业型的知识密集型的五个产业，来认识农业科学技术的概念。

在科学研究工作中的一大课题是对生物资源的全面调查研究，因为农业型的产业是靠生物来完成生产任务的。这看起来好像是老课题了，几百年来生物学不是一直在搞这项研究吗？这是老课题，但有新的内容，就是要从定性观察过渡到定量观测。这是因为我们的产业是要高效益地运转的。产业的组织结构又非常复杂，一层接一层，一环扣一环，非常严密，容不得半点差错，生产组织指挥是用电子计算机的。这就要求生物过程要精确地定量，不能只是定性。这对生物资源的调研工作来说，就是更高的要求。

科学研究中的又一大课题是发展新技术革命的生物工程技术，如细胞工程、酶工程、遗传工程等，要用这些来为农业型的产业服务，大大提高生物生产的经济效益和对生产有用的生物功能，以至创造新的生物。现在生物技术还只是开头，这方面的研究工作要加强。

属技术开发性的科研也有几个方面。比如用生物进行生产的生物工厂，我们要开发这项技术。像单细胞蛋白，作为配合饲料的添加剂，就是用有机质的废渣废液经过培养单细胞微生物，然后把菌体分离出来。这个技术要发展。上面多次提到用沼气作能源，要研究沼气的生产过程，现在沼气的工作很分散，据我所知，几乎所有省都有。要提高沼气生产效率，把目前每m^3沼气池容量每天产气$0.1m^3$左右，提高到$1m^3$以上，这是完全可能的。中国科学院成都生物研究所等单位用两步发酵法是个苗头，可以达到这个指标。再就是蚯蚓的养殖也要从现在的比较原始的办法逐步发展到全自动控制的连续性生产。还有其他。这方面的技术是随着生物技术的应用迅速发展着的，我们一定要重视它。

发展性科研的又一方面是生物化工，也就是用生物产品作原料，用机械和化学方法，在工厂中分离和制造新产品。这里工作加工对象是无生命的。这一类中包括各种下脚料的利用，如骨头制骨粉，骨粉提骨蛋白质等。再如树叶也可提叶蛋白。至于配合饲料这方面更是化工生产的一个大项目。再有一个方面也是发展性的研

究，就是食品类的问题，因为各业综合利用都有一个食品工业的问题，我们国家也是差得很远的。因为现在各方面都对此很重视，所以这里也就不再多说了。

此外还有一项为开发农业型知识密集产业的科学技术，非常重要，这就是系统工程，组织管理复杂体系的技术，用到农业生产。农业系统工程用到今天的农业，虽有一定的作用，不容轻视，但因为现在的农业还没有组织得那么严密，农业系统工程还不能充分显示它的威力。一旦农业系统工程用到知识密集的农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业，定会大显身手，不但体系的组织，而且在日常生产调度上，都会显示其威力。所以研究发展农业系统工程是创建农业型知识密集产业的重要内容。

农业型的知识密集产业的创建还不只是这些产业自身的问题，工矿业要跟上，原材料也要跟上，还有交通运输业、通信情报业、教育文化事业、商品流通、城乡建设和生活服务等。所以生产关系也将有很大的调整，这是政治经济学的研究课题。对生产力的组织，变动就更大了，简直是个大改组，这是生产力经济学要解决的课题。创建5个类型的知识密集产业，涉及中国的8亿农民，总投资大约要几万亿到几十万亿元，资金从何出？怎样利用国际金融资本？这些都是金融经济学的课题。实际问题也还远不止上述的三个方面，所以创建农业型的知识密集产业还将大大促进我国社会科学的发展。

关于农业型的知识密集产业，就想到有这么一些方面的工作，因此，针对知识密集型的产业，包括农业、林业、草业、海业和沙业这样一个概念，农业科学的概念恐怕要调整一下，这比起中国农业科学院在1957年3月1日成立时恐怕就扩大很多了，大不一样了。既然说是知识密集的产业，那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术，以及一切可以运用的知识来组织经营它。这方面的工作量是非常大的，我们要在吸取全世界的先进经验和科学技术的同时，团结全国的科学技术人员、全国的科学技术力量，包括各高等院校、各科学研究机构、中国农业科学院、中国林业科学研究院、中国科学院、中国社会科学院等来共同攻关。从前许多文件上，一说农业科学技术就是传统的农业科学技术的概念，我就想，我干的这一行难道就不能为农业作出贡献吗？别总是把我们推在外头。有一次在中央开会时，我说我们搞其他科学技术的人有意见，就是一说农业科学技术就把我们见外，好像从来没有我们的份。下个世纪我们要走的那条路，进行第六次产业革命，由于农业科学技术的范围是非常之广泛的，所以肯定要动员全国的科学技术力量来完成，不光是我们中国农业科学院，在座的还有中国科学院、高等院校、各省、各部门的，实际上还有更多的单位，现在我们不认为可能要他们做工作。我们农业科学院除了自己的力量之外，还要找这些单位联系。所以我建议，要根据建立农业型的知识密集的

产业——农业、林业、草业、海业、沙业这个具体的目标，有多少问题要解决，要用哪些科学技术，开列出单子来。然后根据单子去找，我国有没有这样的单位？如果有，就列入名册，将来搞一大本，包括所有做这个工作的联系单位，这就是我们组织工作的对象。要动员这些单位来参加工作，先初步有一个总的考虑问题的范围。在此基础上，搞60年的规划，包括上面所说的一些试点工作，一步一步到底怎么走。当然长远规划是一个方向，重要的是"七五"规划，10年、15年设想。可是还有一个问题，就是农业科学技术不大有人管。中国农村发展中心是管经济方面的，经济体制改革考虑得多。国家科委又忙着电子计算机、大规模集成电路等事情。不过农牧渔业部还是管的。是不是还是你管了，干脆你这个中国农业科学院来管。因为智囊团在你这儿，部长要靠智囊团啊！所以我说这个问题要明确，到底谁来抓我所提的这么一个大任务。我也不说，我不敢说这准是中国农业科学院。反正要有这么一个单位，这个单位实际上是中国农村发展研究中心也好，是中共中央书记处农村政策研究室的咨询单位也好，或者你说是中国农业的总设计师也好，总得有这么一个单位，这是很有必要的。这件大事情，需要有一个在科学技术方面牵头单位，来主持这项工作。因为这种要考虑的问题，面很广，不单是种植业的问题，还联系到很多工业的问题、经济体系的问题。所以首先要考虑的，是怎样建立起一个体系的模型，这比我们以往考虑的问题要远远地大。最近，我看到农业出版社出版的《中国农业地理》一书，说的是农业地理。实际上以上所说的问题，不单是农业，而是一个农业型的经济建设问题，要考虑、研究的问题确实很大。知识密集型的农业，起来可能发展成万人左右的集镇，这是基层单位，上一层是县级的单位，再上一级有管县的中心城市，再往上就是省了，还有不久前国务院批准成立的上海经济区，包括上海、江苏、安徽、浙江和江西5个省市。所以到底是经济地理，还是农业地理，搞不清楚。问题很大，确实需要一个很有力的单位为党中央和国务院作参谋咨询机构，作智囊团。

我认为作为智囊机构，要考虑这么几方面的人。首先是系统工程。比如说中国科学院的系统科学研究所，从理论到实践研究系统科学。再有我所熟悉的航天工业部信息控制研究所，原来是搞运载火箭的。但是去年接受了国家经济体制改革委员会的一个任务，就是现在我们粮油价格倒挂，国家补贴得很厉害，每年几百亿，能不能调整物价而不弄乱了，产生通货膨胀？他们对经济问题不太熟悉，为此走访了许多有经验的经济学家，征求意见和想法。这些意见都是专家根据多年的经验，觉得可能是这样，但不足以作为拍板定夺的依据，因为没有定量分析。于是又向各部门收集统计资料，用系统工程的方法纳入一个有几百个参数、方程式的、相当复杂的经济模式中。经过北京市计算中心每秒运算100万次的计算机运算和专家的修

正，在今年夏天，得出的结果是：假使我国国民经济的发展速度超过某一数值（这几年我国经济发展速度是超过了这个数值），那么调整物价，解决价格倒挂问题是完全可能的，不会出乱子。这是经过定量分析，有相当把握的。他们的报告得到中央领导同志的重视。举这个例子是想说明，用现代科学技术，用系统工程的方法，任何复杂的问题都是可以作出回答的。当然为此还需要有数学理论。北京大学数学系的廖山涛教授，得过自然科学奖，他的工作叫微分动力体系，这是数学名词，听起来好像与我们没有关系，实际上是有关系的，与我们建立数学模型有密切关系。还有北京师范大学的方福康教授，原来是搞物理的，但是到国外后搞非平衡系统理论，实际与经济模型都是密切相关的。所以这一类的工作也要联系。例子很多，意思就是智囊机构应该有很多专家可以去请教。你总要建立这么一个模型，然后考虑各种不同的方案，是好还是差，有无更好的办法，为此没有定量分析是不行的。解决问题的途径方法还是有的，不是没有方法，并且我们国家有这方面的专家，可以去找。从这个角度，我们要有这么一些新的单位或实体，不是开开会就完了，而要搞整个大农业的整体设计，从我们现在的情况，到底怎么搞法，一步步怎么走，以至于到下个世纪中叶我们做到什么程度。除此之外，如果我提的关于5个业的概念是没有错的话，那么这5个业的每一业都应该有一个总体的规划，结合试点单位，怎么搞法。另外，为完成这个任务，我们要大大加强信息情报工作，利用国内以至全世界好的经验。这里电子计算机的发展是自不待言的。是不是要考虑建立这样一些单位来搞这个工作。

至于说国家缺门的科学技术方面要建立，要充实。学校方面教育的事，我不太熟悉情况，恐怕也有很多工作要做。

今天就讲这么些情况，题目就叫“第六次产业革命和农业科学技术”，讲错了的，请同志们批评指正。

钱学森1984年12月23日在中国农业科学院第2届学术委员会会议上的报告。收录于《钱学森文集》卷四，国防工业出版社，2012年1月第1版。

我们应该研究如何迎接21世纪

在邓小平同志建设有中国特色社会主义理论的指引下，中国正在进入一个跨世纪的发展时期。每一个关心国家和民族未来发展的中国科技工作者，都应关注和思考如何迎接21世纪的问题。不仅要研究在这段历史时期科学技术可能出现哪些重大的突破和发展，而且还要探索这些科技发展作为第一生产力，对现代中国将发生哪些重大影响和推动作用，从而使我们对迎接21世纪有充分的思想准备。本文作者们在过去的一年多时间里，一直在思考这个问题，现将有关想法写成本篇文字，作为工作档案。

一、关于现代中国的三次社会革命

人类即将送别20世纪，迎来21世纪。20世纪对我们来说，是中华民族觉醒、奋斗并取得胜利，继而开始走向振兴的世纪。

从1921年7月1日中国共产党成立之日起，以毛泽东为代表的中国共产党人，把马克思主义基本原理和中国革命的具体实践相结合，找到了中国革命取得成功的道路，提出了通过新民主主义革命走向社会主义的战略。在马克思列宁主义、毛泽东思想指引下，中国共产党领导全国各族人民，经过28年的艰苦奋斗和流血牺牲，终于推翻了压在中国人民头上的“三座大山”，把一个贫穷落后的旧中国变成了社会主义新中国，这是中国历史上最伟大的翻天覆地的革命。可以说，这是现代中国的第一次社会革命。这次社会革命主要是以政治的社会形态的飞跃——政治革命而引发的社会革命。而政治革命必然引起经济的社会形态和意识的社会形态的变革。所以，这次社会革命的结果是政治上建立了社会主义制度，理论上确立了马克思列宁主义、毛泽东思想的指导地位，经济上打破了半封建半殖民地社会的生产关系，逐步建立起社会主义新型生产关系，使中国劳动人民的积极性得以发挥，社会生产力获得解放。从这个意义上说，现代中国的第一次社会革命是解放生产力的社会革命。

以毛泽东为核心的党的第一代中央领导集体，在新中国成立后，又领导全国人民开始了新的长征，积极进行中国社会主义建设和现代化道路的探索，这是一项更为复杂、更为艰苦的伟大事业。当时惟一能够借鉴的是苏联的社会主义模式，但毛泽东敏锐地觉察到它并非十全十美。他在《论十大关系》和《正确处理人民内部

矛盾问题》这两篇著作中指出，社会主义社会的基本矛盾仍是生产关系和生产力之间的矛盾，是上层建筑和经济基础之间的矛盾；我们的根本任务已由解决生产力变为在新的生产关系下面发展生产力。他还提出了许多关于中国社会主义建设的重要理论和观点。党的“八大”明确指出，社会主要矛盾已不再是无产阶级和资产阶级的矛盾，而是人民对经济文化迅速发展的需要同不能满足这种需要之间的矛盾。这样，就自然要把全党的工作重点转移到以经济建设为中心、大力发展生产力上来。所有这些都反映出我们党第一代领导集体，为突破苏联僵化模式，探寻中国社会主义建设道路的正确思想。可以设想，如果真正沿着这条路线走下去，中国的面貌同以后的实际情形将会大不相同。可惜，从1957年反右斗争扩大化开始，逐渐发生了“左”的倾向。“以阶级斗争为纲”代替了以经济建设为中心，而且愈演愈烈，一直发展到“文化大革命”的十年动乱，造成了空前的灾难，错过了发展经济的大好历史时机，未能取得本来有可能达到的更大成就。而恰恰在这段时间内，外部世界的一些国家兴起了技术革命，经济上快速发展。有些原来经济水平和我们相差不多的国家和地区，却进入了经济起飞阶段，并取得很大成功。

从今天来看，在现代中国的第一次社会革命以及后来对社会主义现代化建设的探索中，无论是成功的经验还是失败的教训，都是十分宝贵的财富，它从正反两个方面为现代中国的第二次社会革命创造了条件。

1978年，中国共产党十一届三中全会实现了具有深远历史意义的伟大转折，掀开了中国历史的新篇章。邓小平同志根据马克思主义的基本原理，把发展生产力确定为社会主义的根本任务。他指出：“社会主义的本质是解放生产力，发展生产力，消灭剥削，消灭两极分化，最终达到共同富裕。”这是对马克思主义理论的重大发展，它为解决中国这样经济文化比较落后的国家如何建设社会主义，如何巩固和发展社会主义等一系列基本问题指明了方向，开辟了道路。正是在这些思想和理论指导下，形成了以经济建设为中心，坚持四项基本原则，坚持改革开放的党的基本路线，从而确立了中国实现社会主义现代化的道路。江泽民总书记指出：“在中国历史发展的这个重要阶段，邓小平同志把马克思主义基本原理同中国实际和时代特征结合起来，继承和发展了毛泽东思想，以开辟社会主义建设新道路的巨大政治勇气和开拓马克思主义新境界的巨大理论勇气，集中全党和全国人民的智慧，创造性地提出了建设有中国特色社会主义理论。”这个理论为我们党举起了一面引导全国各族人民迈向21世纪的伟大旗帜，开始了现代中国的第二次社会革命，即发展生产力的社会革命。

改革开放是发展社会生产力和实现社会主义现代化的必由之路，是社会主义

制度自我完善和发展的正确途径，因而是取得中国第二次社会革命成功的关键。通过经济体制、政治体制、文化体制、科技体制、教育体制等的改革，我国社会生产力有了飞跃发展，取得了举世瞩目的巨大成就。党的十四届三中全会提出建立社会主义市场经济体制，标志着我国的改革开放进入了一个新阶段，在改革和发展两个方面，都将上一个新台阶。目前，我国人民正在以江泽民同志为核心的党的第三代中央领导集体的领导下，抓住机遇，深化改革，扩大开放，促进发展，保持稳定，为在本世纪末初步建成社会主义市场经济体制，实现邓小平同志提出的达到小康的第二步发展目标而努力奋斗。到建党100周年时，我们将建成成熟的社会主义市场经济体制，到下个世纪中实现第三步发展目标，即基本实现社会主义现代化。到那时，现代中国第二次社会革命的目标和任务才算基本完成。这次社会革命的结果是经济上建立了社会主义市场经济体制，并进入发展生产力的新阶段，大大推动了社会主义物质文明建设；政治上巩固和发展了社会主义制度；思想上坚持和发展了马克思列宁主义、毛泽东思想，创立了建设有中国特色社会主义理论。社会主义精神文明建设和政治文明建设水平都将有更大的提高。一个富强、民主、文明的社会主义中国将屹立在世界东方。

现代中国第一、二次社会革命的成功将充分证明，马克思列宁主义、毛泽东思想和邓小平的建设有中国特色社会主义理论，都是革命和建设的真理，任何时候都必须坚持。但事物总是不断变化和发展的，历史也是不断演进的，20世纪科学技术的飞速发展，正孕育着21世纪的重大突破。根据现在已经出现的许多苗头，可以预料，在即将到来的21世纪，由于信息技术、生物工程和医学、人体科学的发展，将导致相继并在一定时间段重叠出现的人类历史上三次新的产业革命，这三次新的产业革命结合在一起，将开创人类社会生产力创新发展的新阶段，它必将引起经济的社会形态的飞跃发展，同时还要引起政治的和意识的社会形态的变革，最后导致现代中国的第三次社会革命，也就是创造生产力的社会革命。

概括起来说，现代中国已经经历和将要经历的社会革命是：

第一次社会革命是从政治革命入手，解放生产力的社会革命；

第二次社会革命是以经济建设为中心，发展生产力的社会革命；

第三次社会革命是以新的产业革命为先导，创造生产力的社会革命。

基于以上认识，下面对21世纪将出现的三次新的产业革命以及由此引发的现代中国第三次社会革命做进一步探讨。这些虽是21世纪中叶的事，但我们现在就应在理论上进行探索和研究，为迎接21世纪的到来做好思想准备，以免重犯第一次社会革命以后，即50年代末至70年代中期的挫折和错误。

二、21世纪相继出现的三次新的产业革命和组织管理革命

马克思主义关于科学技术对生产力发展、生产关系变革以至社会革命的重大影响的思想，是唯物史观的基本内容。邓小平提出科学技术是第一生产力的论断，是对唯物史观的重大发展。根据这种唯物史观，我们认为，科学革命是人认识客观世界的飞跃，技术革命是人改造客观世界的飞跃，而科学革命、技术革命又会引起经济的社会形态的飞跃，这就是产业革命。在人类历史上已出现过第一、二、三、四次产业革命，正面临的是第五次产业革命，还将出现第六次和第七次产业革命。

（一）第五次产业革命

以微电子、信息技术为基础，以计算机、网络和通信等为核心的信息革命，就是我们正面临的第五次产业革命。

18世纪末，由于蒸汽机的出现所引发的人类社会的第三次产业革命（即一般所说的工业革命），开创了人—机结合的物质生产体系，由于机器动力的驱动使生产力大为发展。在今天的第五次产业革命中，由于计算机、网络和通信的发展与普及，将使劳动资料的信息化、智能化程度大大提高，这又将开创新一代的人—机结合劳动体系。它标志着现代社会生产已由工业化时代进入到信息化时代，世界经济也开始从工业化经济逐步向信息经济转变，知识和技术密集型产业将成为创造社会物质财富的主要形式。因而在产业结构上，除了原来的第一、二、三产业外，又创立了第四产业，即科技业、咨询业和信息业；第五产业，即文化业。在就业结构上，从事一、二产业的人数在劳动就业总人数中所占的比例不断下降，而从事第四产业的人数比例则不断上升。计算机和通信网络的结合和普遍使用，不仅改变着人们的生产方式和工作方式，大大提高了物质生产力；而且改变着人们的研究方式、学习方式、生活方式和娱乐方式，计算机软件也成为人类文化的组成部分，开创了人—机结合的精神生产力，从而最终消灭人类历史上形成的体力劳动和脑力劳动的差别。

（二）第六次产业革命

20世纪70年代末80年代初，相继出现了重组DNA技术、动植物细胞大规模培养技术、细胞和原生质体融合技术、固定化酶（或细胞）技术等现代生物技术，开创了工农业生产发展的新途径，为人类解决当今所面临的食物、健康、能源、资源和环境等一系列重大问题提供了强有力的技术手段。

经过多年来的发展，生物技术在农、林、牧、渔业，医药工程，轻工食品等领

域，都有了很大发展，取得了一批重要成果，有些已应用到实践之中。如用生物技术产生新的动植物品种，提高粮食和肉、鱼、奶的产量和质量，如培育蛋白质含量高的小麦新品种；抗病、抗虫和富含高蛋白的蔬菜新品种；耐旱、耐盐碱且含高蛋白的牧草新品种；培育抗病、抗寒新鱼种及高级牛、高级羊（羊毛质量高）、超级猪和鸵鸟，等等。总之，以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，到21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因重组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。这次产业革命的实质是以太阳光为能源，利用生物（动物、植物、菌类）、水和大气，通过农、林、草、畜、禽、菌、药、鱼，加上工、贸等，形成新的知识密集型产业，即开创了大农业产业，它包括农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业。这不仅是劳动对象的拓广，而且还将以集信息、金融、管理、科技、生产，加上工、商、贸于一体的集团公司体制运作。这样发展起来的第一产业（农业）和第二产业（工业）除生产产品不同外，在生产方式上已无实质性差别，即工业和农业之间的差别消灭了，两者结合起来成为物质资料产业。

此外，从第六次产业革命的内涵来看，它主要不是发生在大城市，而是发生在农村、山村、渔村和边远荒漠地带。随着这一产业革命的发展，这些地方也都将改造成小城镇。目前在我国已有了这样一些苗头，如大邱庄、华西村等。因而，第六次产业革命的另一个直接社会效果是将消灭几千年来人类历史上形成的城市和乡村的差别。

民以食为天，这个伴随人类生存的重要而又不可或缺的问题，到了21世纪，随着第六次产业革命的到来，也将发生革命性的变化，即饮食业革命。由于人体科学的建立和发展，将能确定人在不同年龄、不同性别、不同生活条件下的合理营养需求结构。再加上生物技术大大拓广的饮食原料，完全可以运用营养科学设计出各种人所需要的多种多样的饮料和食品，并采取工业生产方式加工生产，形成真正的快餐业。所谓快餐业就是烹饪业的工业化，即把古老的烹饪操作用现代科学技术和经营管理技术组织得像大规模工业生产那样，形成烹饪产业（Cuisine Industry）。其运作方式是从原料的生产、初加工到精加工，加上与之相关的供销渠道以及相辅的金融业等结合在一起，形成配套运转的企业或公司集团。这就是21世纪的饮食产业，是人类历史上有关“吃”的一次革命，是第六次产业革命的深化和发展。这次革命的结果，将把人从几千年来的家庭厨房操作中解放出来，大大改变人们的生活方式。

（三）第七次产业革命

人体科学（包括医学、生命科学等）在21世纪将有巨大发展。人体功能的提高，将使生产力三要素中最重要、最活跃的劳动力素质大大提高，其影响将渗透到

各行各业，这无疑又将引发一次新的产业革命，这就是涉及人民体质建设的第七次产业革命。

人体的保健和治病，需要靠生物学、生理学、病理学等生命科学提供的科学理论。但这对于确定病人身体状态并设计出改进和纠正到健康状态的治疗措施来说，是不够的，还需要对人体整体状态的了解，即对人体功能态的认识。认识人体功能态目前主要靠实践经验。医生们依靠临床经验，逐渐总结出一套个人“心得”。这是临床医生的感性认识，各有一套，形成不了总的“医理”。以至临床误诊往往成为不可避免的现象。根据尸体解剖，证明误诊率约达1/3；有的医学统计提出，罕见病的误诊率竟高达60%以上。所以对于人体这样一个开放的复杂巨系统来说，单靠传统的还原论方法是不能彻底解决问题的，必须再加上系统科学中发展起来的从定性到定量综合集成方法，把中医、西医、民族医学、中西医结合、体育医学、民间偏方、气功、人体特异功能、电子治疗仪器等几千年来人民防病治病、健身强体的实践经验综合集成起来，总结出一套科学的全面的现代医学，即综合集成医学。这个医学包括治病的第一医学、防病的第二医学、补残缺的第三医学以及提高人体功能的第四医学。这样，就可以真正科学而系统地进行人民体质建设了，人民体质和人体功能都将大大提高。

建立综合集成医学的核心措施，是利用第五次产业革命发展起来的信息技术，建立医疗卫生信息网络。利用这个网络可以做到：

（1）收集古今中外医案，按病人的身体测试数据及病情和性别、年龄等分类，建立信息资料库；

（2）能根据输入的病人情况，给出治疗方案的建议；

（3）能与临床医生进行人—机对话，以便确定治疗方案。

这个网络可以对病人进行完整、有效、快速的测试，而医生则可以用人—机结合方法，对病人实施综合治疗。

在建立和利用这个网络的同时，还要不断使网络扩充和改进，吸收新的医疗经验，加强它的功能。同时，还要培养培训新型医生，即能与医疗卫生信息网络进行人—机对话的“综合医生”或“全面医生”，他们能依据人—机对话结果确定治疗方案（包括中药、西药、手术、针灸、按摩推拿等各种手段）。显然，按照这样的医疗方式，就必须改造现有医院的组织体系结构，建立新型医院和新的医疗卫生体制。这就为医疗卫生事业的革命开辟了新的道路。

（四）组织管理的革命

技术革命以及它所引发的产业革命，对组织管理问题提出了更高的要求。形象地说，这犹如随着硬件的革新，计算机技术的发展，必须有相应的软件跟上才行。

系统科学是本世纪中叶兴起的一场科学革命，而系统工程的实践又将引起一场技术革命，这场科学和技术革命在21世纪必将促发组织管理的革命。

在20世纪六七十年代，我国首先在航天领域倡导系统工程的组织管理，并在实践中取得成功。由此我们又将这一思想推广到社会，提出了社会系统工程的概念。为了实现社会系统工程，我们提出建立国家社会主义建设总体设计部的建议，江泽民总书记在1991年“三八”节那天还专门召集政治局常委会议，听取了我们的汇报。总体设计部由多部门、多学科的专家组成，在以计算机、网络和通信为核心的高新技术支持下，对社会主义现代化建设的各种问题，进行总体分析、总体论证、总体设计、总体规划、总体协调，提出具有可行性和可操作性的配套的解决方案，为决策者和决策部门提供科学的决策支持。到80年代，我们注意到中央领导同志经常提到改革是一项极其复杂的系统工程。这就是说，社会系统远比任何工程系统复杂得多，运用处理简单系统，甚至简单巨系统的方法，不能解决社会系统的问题。在研究了社会系统、人体系统、人脑系统等的基础上，我们又提出了开放的复杂巨系统概念及其方法论，即“从定性到定量综合集成法”，后来又发展到“从定性到定量综合集成研讨厅体系”的思想。这是把下列成功的经验和科技成果汇总起来的升华：

（1）几十年来学术讨论会（Seminar）的经验；

（2）从定性到定量综合集成方法；

（3）C^3I及作战模拟；

（4）情报信息技术；

（5）人工智能；

（6）灵境（virtural reality）技术；

（7）人—机结合的智能系统；

（8）系统学；

（9）“第五次产业革命”中的其他各种信息技术；

……

这个研讨厅体系的构思是把人集成于系统之中，采取人—机结合，以人为主的技术路线，充分发挥人的作用，使研讨的集体在讨论问题时互相启发，互相激活，使集体创见远远胜过一个人的智慧。通过研讨厅体系还可把今天世界上千百万人的聪明智慧和古人的智慧（通过书本的记载，以知识工程中的专家系统表现出来）统统综合集成起来，以得出完备的思想和结论。这个研讨厅体系不仅具有知识采集、存储、传递、共享、调用、分析和综合等功能，更重要的是具有产生新知识的功能，是知识的生产系统，也是人—机结合精神生产力的一种形式。

系统科学、系统工程和总体设计部，综合集成和研讨厅体系紧密结合，形成了从科学、技术、实践三个层次相互联系的研究和解决社会系统复杂性问题的方法论，它为管理现代化社会和国家，提供了科学的组织管理方法和技术，其结果将使决策科学化、民主化、程序化以及管理现代化进入一个新阶段。

面向21世纪，三次产业革命，再加上系统科学、系统工程所引发的组织管理革命，将把中国推向第三次社会革命，出现中国历史上从未有过的繁荣和强大。

三、现代中国的第三次社会革命

根据马克思提出的社会形态概念，我们认为，任何一个社会都有三种社会形态，即经济的社会形态、意识的社会形态、政治的社会形态。这就是一个社会的三个侧面，它们相互联系、相互影响并处在不断变化之中。飞跃式变化就是我们常说的革命。相应于经济的社会形态的飞跃是产业革命，相应于意识的社会形态的飞跃是文化革命，而相应于政治的社会形态的飞跃则是政治革命。社会革命是指整个社会形态的飞跃，所以，产业革命、文化革命、政治革命都是社会革命。

结合我国社会主义现代化建设，相应于这三种社会形态有三种文明建设，即物质文明建设（经济的社会形态），包括科技经济建设、人民体质建设；精神文明建设（意识的社会形态），包括思想建设和文化建设；政治文明建设（政治的社会形态），包括民主建设、法制建设和政体建设。国家和社会的发展还要受到所处地理环境的影响，我国社会系统环境建设就是社会主义地理建设，包括基础设施建设、环境保护和生态建设。这样，我国社会主义现代化建设包括了上述三个文明建设和地理建设，共四大领域，九个方面。其中科技经济建设是中心。这就是我国社会主义现代化建设的系统结构。

到21世纪中期，中国大地出现的第三次社会革命，不仅是第一、第二次社会革命的继续和发展，而且迎着现代科技革命的新潮流，在三次新的产业革命的推动下，脑力劳动和体力劳动差别、城乡差别、工农差别在逐步消失。人的思想觉悟、科技文化知识、身体状况和人体功能都会有很大提高，各种创造发明将层出不穷，使中国进入创造生产力的新阶段。这不仅极大地促进了社会主义物质文明建设、精神文明建设、政治文明建设，而且使三个文明建设之间以及地理建设进入了协调发展时期，这必将使中国由社会主义初级阶段进入到发达阶段。综合起来可以看出，现代中国第三次社会革命的主要特点是：

（一）社会主义物质文明建设将有巨大发展

经过第五次产业革命在劳动资料方面的迅速进步，第六次产业革命在劳动对象

上的拓广，第七次产业革命在劳动者素质上的全面提高，再加上组织管理革命所提供的科学的组织管理，所有这些因素融合在一起，就能更有效地把生产力中各要素有机结合起来并合理配置，使生产的效率和效益将有飞跃发展，社会生产力发生史无前例的巨大进步，科技经济建设、人民体质建设都进入一个新阶段，社会物质财富也大大丰富起来，人民的生活水平也将有很大的提高。如果说中国第一次社会革命使中国人民站立起来了，第二次社会革命使中国人民发展起来了，那么第三次社会革命将使中国人民更富裕起来、更充实起来、更聪明起来和更文明起来了。

在第三次社会革命中，人的主导作用将充分发挥，既是体力劳动者，又是脑力劳动者，既是科技人员，又是文艺人。人的聪明、才智都将得到充分发挥，而且积极性也将空前高涨。在这个阶段上，真正实现和发挥科学技术是第一生产力的巨大作用，持续的技术创新成为推动经济发展的主要动力和源泉，科技业将成为国民经济的带头和主导产业，实现把整个国民经济建立在依靠持续的科技进步和高水平劳动者素质的基础之上。

整个经济进入到发达的社会主义市场经济阶段，这将是一个完善、灵活和充满生机的体制。宏观上国家调控，微观上是集团公司管理和经营。为最大限度地满足人民的需要，不仅要跟踪市场，还能把人民潜在需要明朗化，并与各种高新技术相结合，以更新的产品去创造市场。这就是说，在创造生产力阶段，生产不仅具有快速、准确跟踪市场的能力，而且还有超前预见去创造市场的能力。

在就业结构上也发生了很大变化：直接从事物质资料生产（一、二产业）的人员将减少，占一线就业人员的20%左右，从事服务业（三、四、五产业）的人员占40%左右，从事科学技术的人员占15%左右，从事文学艺术的人员占15%左右，政府、解放军及事业（包括教育）人员占4%，而从事司法的人员占6%，形成一个小政府大社会的组织结构。中国发达的社会主义市场经济，生产的数量、质量、速度和效益都将大大超过我国的过去，也将高于其他国家，走在世界的前列。

（二）社会主义政治文明建设将更加完善

新的三次产业革命，推动政体建设、法制建设和民主建设，将引起一次政治的社会形态的变革。这场变革的核心是建立起与创造生产力相适应的生产关系和上层建筑。这种生产关系和上层建筑，不仅能适应和推动创造生产力的发展，而且随着这种生产力的发展，具有自我调整、自我组织的能力，以适应和推动生产力的持续发展。

管理国家、管理社会，总的原则是“宏观控，微观放”。按照这个原则，在政体建设上，将弱化政府的直接控制，强化人民自己各种组织的作用，尊重人民，相信人民是历史的创造者。在弱化直接控制的同时，要加强政府的间接调控，要从总

体上研究和解决社会系统的新问题，这就要用系统科学、系统工程、从定性到定量综合集成法及综合集成研讨厅体系，并用总体设计部作为决策的咨询和参谋机构，中央、地方和部门都有自己的总体设计部，构成一个总体设计部体系，这就保证了决策科学化、民主化、程序化，使国家和社会的管理进入现代化阶段。同时，大大发展起来的计算机、通信网络技术，使我们有可能建立起人民意见反馈网络体系、中央集权的行政网络体系和全国法制网络体系，把它们和综合集成研讨厅体系结合起来，就能把我党传统的一些原则、方法，如从群众中来、到群众中去，民主集中制等科学完美地实现了。这样，国家的宏观调控就可以做到小事不出日，大事不出周，最难最复杂的问题也不出月，就能妥善而有效地解决，正确而又灵敏。随着法制系统工程的实施，法制建设的发展，国家和社会各个领域都将法制化，我国将成为一个发达的法制国家，以保证社会长期稳定与安定。同时充分发扬社会主义民主，形成如毛泽东同志所说的一个又有集中又有民主，又有纪律又有自由，又有统一意志，又有个人心情舒畅、生动活泼那样一种政治局面。

另一方面，我国是社会主义国家，热爱世界和平，我们将严格遵守和平共处五项原则，团结一切可以团结的国家和人民，维护正义，保卫和平。因此，我国国家的作用仍然是：（1）对外防止敌人入侵，建立起用高科技武装起来的现代化国防力量，使新型的解放军越过机械化军队阶段，成为一支精干的信息化军队，这是21世纪国际斗争和竞争环境所需要的。同时，加强国际竞争和斗争的战略、策略、战术的运筹，使我国永远立于不败之地。（2）对内维持社会秩序，强化司法工作，组织管理社会主义物质文明、精神文明和政治文明的各项建设工作。

（三）社会主义精神文明建设将达到更高水平

三次产业革命的到来也将引起意识的社会形态的变革，形成一次真正意义上的文化革命（其含义绝不同于“无产阶段文化大革命”），推动社会主义精神文明建设向更高境界发展，创造出更多更高水平的精神财富，满足人民的精神需要。

科技队伍的加强，科学技术的进步，文艺队伍的加强和文学艺术的繁荣都是史无前例的。我们提出的现代科学技术体系必将大大丰富和发展，使我们对世界的认识越来越全面，越来越深刻，改造世界的能力也越来越强。科学、教育、文化、艺术日益紧密结合起来，互相促进、互相渗透，向更高层次和水平发展。科学技术的发展为文学艺术提供了新手段，产生出新的文艺形式。同时，我国五千年辉煌的文学艺术传统也将结合最新科技成果，发扬光大！社会主义中国要把全世界全人类的智慧和精华统统综合集成起来。

在这次文化革命中，另一个革命性的变化是大成智慧教育的兴起。信息文化教育网络的建立，小孩子一入学就学会使用智能化终端机，采用人—机结合的教育

和学习方式，不仅能大大缩短学习时间，而且理、工、文相结合的教育体制也将形成。这就有可能进行全才教育，使人越来越聪明，情操越来越高尚，达到全才与专家的辩证统一。另一方面，大成智慧学的产生，将大大丰富我们的思想。我国唯心主义哲学家熊十力曾提出过人的智慧的两个方面："性智"与"量智"，我们可以学马克思当年把黑格尔的客观唯心主义倒过来，并创建了辩证唯物主义的方法，把人们从实践总结出来的智慧，在文化艺术方面的称为性智，在科学技术方面的称为量智，而且把性智和量智真正统一和结合起来，这将在世界观、方法论以及思维上丰富了马克思主义哲学。大成智慧学也将使哲学教育大大普及，其意义和影响将是十分深远的。

（四）地理建设将进入协调发展的新阶段

三次产业革命引发的第三次社会革命，使中国社会系统内部进入了持续、协调发展的时期，社会主义物质文明、精神文明和政治文明建设都有了飞跃发展，这三次产业革命以及三项文明建设的巨大成就又大大促进了我国社会系统的环境——地理系统的建设，使我国社会主义地理建设进入了新阶段，社会系统和地理系统之间也进入了持续协调发展的新时期，地理建设又为我国社会主义文明建设持续稳定地发展提供了物质基础。

通过环境保护、生态建设和基础设施建设以及地理系统工程的组织管理，在以下几个方面都将达到新的水平。

（1）环境保护和绿化　在创造生产力阶段，人们已有能力把工业化阶段造成的气体、液体、固体、噪声等污染降到最低限度进行根本治理。同时现代大农业的发展，大规模植树造林，把森林覆盖率提高到50%以上，草产业、沙产业的发展，从根本上解决了水土流失、土壤盐碱化、沙漠化等问题，使戈壁沙漠变成绿洲，我国的环境保护和生态建设进入了新阶段。

（2）资源系统建设　地下资源（包括深层地下资源）、地面资源、海洋资源和空间资源都能得到合理开发利用和保护。大规模南水北调工程的实施，将使水资源得到合理开发和充分利用，彻底解决北方干旱缺水问题。同时还要开发海水淡化技术，解决诸如大连市这样临海城市的严重缺水问题。此外垃圾行业作为一个产业部门（在第二产业中）的建立和发展，不仅解决了环境污染问题，还能达到资源永续。

（3）能源系统建设　可再生和清洁能源，如水电、风电、日光电、生物电等，将有极大发展。

（4）自然灾害防治　在自然灾害的监测、预报水平上的提高，在防灾、救灾能力上的增强，能使我们对自然灾害的斗争进入主动状态。

（5）城镇及居民点建设　在第三次社会革命中，已消除了工农业差别和城乡

差别，特别是通过“山水城市”建设，使生活园林化，我国城镇及居民点建设也将因此而达到新水平。

（6）综合交通运输体系和现代信息通信业的建设　以铁路、公路、河运、海运、航空运输、管道运输等为主体的现代综合交通运输体系，用高新技术装备起来，将进入现代化水平，这种高度发达的立体交通运输网络对社会生产和人民生活将带来极大的方便；第五次产业革命将极大推动现代信息通信业建设，使我国的信息通信业达到现代化水平。现代计算通信网络和现代交通运输网络使信息流、物质流畅通无阻，使人与人之间、单位与单位之间、省与省之间的距离“近”了，整个国家变“小”了，而人的作用则变“大”了。

许多在第一、第二次社会革命中无法解决的问题，在第三次社会革命中得到了彻底解决，如所谓的“轿车文明”问题。人们的生活、工作需要轿车，但过多的轿车又带来污染、噪声和交通拥挤，这也是一直困扰现代发达国家的问题。但在中国第三次社会革命中，这类问题是可以解决的。首先由于第五次产业革命的发生，使多数劳动者可以通过信息网络在家办公和劳动，不用外出乘车了；其次，由于建设“山水城市”和生活园林化，在一个建筑区中，中小学校、商店、医疗中心、文化场所及其他服务设施都已具备，人走路可达，不用坐车；而建筑小区之间的林草花木公园，人们可以休息散步，锻炼身体。远离小区的必要出差、访友、游玩，又有城镇的高效公共交通网可用，需要去更远的地方，还有民航、高速铁路、水路等现代交通运输网可以使用。这就使我们没有必要去走今天发达国家那种发展家用小轿车的道路，因而也就避免了“轿车文明”所带来的社会问题。

（7）中国人口问题将会得到解决　在第三次社会革命中，中国的人口控制问题，由于人民物质生活和文化水平的提高，各种社会保障体系的建立和完善，必将取得巨大成就。到21世纪中叶，我国人口规模可稳定在15亿左右，妇女生育率保持在临界生育水平上，人口发展进入了零增长状态。由于第七次产业革命的推动，中国人口质量也将大大提高，人口年龄结构也会进入合理分布状态。

地理建设的巨大进展，大大促进了人与自然之间的协调发展，也就是实现了人口、经济、社会、资源和生态环境的协调发展，使中国进入了可持续发展的新阶段。

四、世界社会形态

今天，由于第五次产业革命的推动，世界范围内的市场经济发展，经济上全球一体化趋势日益增强，世界正逐渐形成一个相互联系的大社会，哪个国家也不能闭关自守。另一方面，从世界各国情况看，在经济上有发达国家、发展中国家、不

发达国家，在政治上有社会主义国家、资本主义国家、封建主义国家，在意识形态上有以马克思列宁主义居统治地位的国家、以资产阶级自由民主观念居统治地位的国家、以各种不同宗教信仰居统治地位的国家等。这将是资本主义社会形态之后，实现共产主义之前的一种过渡的世界社会形态。它将打破地区、国家的界限，在促进全球经济一体化的同时，也会一步一步地向政治一体化的方向发展。在这个阶段上，由于三次社会革命成功的推动，中国已经强大起来，人们从中国的发展和繁荣中看到了社会主义的优越性，社会主义将战胜资本主义，人类最终将走向世界大同的共产主义社会！

《我们应该研究如何迎接21世纪》系钱学森、于景元、涂元季、戴汝为、钱学敏、汪成为、王寿云同志1994年联合撰写。收录于《钱学森文集》卷六，国防工业出版社，2012年1月第1版。

关于西部发展沙产业和草产业给江泽民总书记的信（摘要）

江总书记：

我过去在搞“两弹一星”试验时，常去西北地区（包括甘肃、新疆、内蒙等）出差，对那里的自然条件、生态环境、经济发展和人民生活的状况是了解的。据我所知，解放后西部地区曾有过两次大的建设，一次是50年代，苏联援建156个项目时，有些重大项目建在西部和西北地区；另一次是60～70年代的三线建设。这两次建设无论从资金的投入，还是从科技的含量和人才的荟萃等方面来看，其水平和力度都是相当可观的。这些建设虽然推动了西部的发展，但并未从根本上改变西部地区的落后状况。究其原因，我认为是这些建设并未和西部的经济基础，即农业的发展结合起来。所以，其结果是少数工业项目上去了，但广大农村和广大人民仍然是贫穷落后的。所以我感到，西部的开发虽然是全面的、综合的，但仍然要以农业的发展为基础。只有这样，才能从根本上改变西部地区的贫穷落后状态，也才能改变西部地区的生态环境。

然而，要搞好西部的农业，我想也应该有新的思路。因为西部，特别是西北地区，其自然条件与东部和中部地区有很大差别。所以不能用东部和中部搞农业的传统办法和常规手段去抓西部农业，将来的西部农业也不可能是现在东部农业的翻版。例如在西北地区，垦荒种地、引渠灌溉的结果是使地下盐碱上升到地表，造成环境的恶化。

怎样才能使西北地区的农业走出困境？我想，西北地区是大片戈壁沙漠，大约有16亿亩，和我国农田面积差不多。戈壁沙漠干旱少雨，但干旱少雨的另一面是阳光充沛。这是西北地区农业发展的不利和有利条件。问题是我们过去对不利条件看得重，故侧重于“治理”，搞植树防沙、堵沙等。这是对的，也有成绩，但有点消极。对阳光充沛这样的有利条件，则没有注意从积极的方面去利用和开发。1984年，我基于对高科技农产业的理解，结合西北地区的特殊情况，提出了在我国西北地区要建设沙产业、草产业和林产业的观点。林业和林产业在西部地区大开发中的作用和意义大家都比较明确，所以今天我要重点向您反映沙产业和草产业的问题。

什么是沙产业？沙产业就是在“不毛之地”的戈壁沙漠上搞农业生产。充分利用戈壁滩上的日照和温差等有利条件，推广使用节水技术，搞知识密集型的现代化农产业。这是完全可能的。国际上以色列比我国西北地区的自然条件更恶劣，但他们在沙漠上开发了现代化的农业，且经济效益十分可观。我国甘肃省的张掖地区从1994年开始试搞沙产业，在实践中创造了“多采光、少用水、新技术、高效益”的沙产业技术路线，并取得很大成绩，粮食自给有余，蔬菜瓜果东运销售并出口，还带动了一批加工企业的发展。由此我认为，我们在西部开发中，首先要转变关于

西部沙漠的思维定势，看到沙漠上也有搞农业的有利条件。所以不仅是“治理”，更重要的是“开发”，将治理蕴含于开发之中，这就是我提出开发沙产业的指导思想。张掖地区的一套经验和做法如果推广到整个西北地区，甚至包括高寒的西藏和新疆地区，其前景将是非常可观的。

关于草产业，同样有一个转变观念问题。我们对农业可以说经历了千百年的精耕细作和改良品种。而对于草，则完全是粗放式的。我们在草的改良和种植上下过多少大功夫？要知道，我国有大约43亿亩草原，是农田面积的近3倍，但每亩产值还不到一元钱。为什么会这样？因为我们过去的畜牧业，从总体上说，是重牲畜的饲养而轻牧草的发展。如果我们像搞农业那样，加强对牧草的科学研究和开发，引进优良草种，精心种植牧草，防治自然敌害，改进以牧草为基底的饲料加工技术等，那么，我相信，我国的畜牧业将会有一个大发展，为全国人民提供丰盛的肉蛋白。这就是我提出草产业的指导思想。当然草产业不光是西北省区的事，即使在西南和全国其他省区，也有大量山坡不宜农耕，要退耕还林，或退耕还草。适宜植树的植树，适宜长草的种草，不能一刀切。

我们在21世纪实施西部大开发战略，自然起点要高。所以我提出的林产业、沙产业和草产业，都强调是知识密集型的，要把现代科学技术，包括生物技术、信息技术都用上。而且一开始就搞产业化，形成生产、加工和销售一条龙，并注意综合利用。这种高技术产业化的农业，实际上已和工业及经贸、服务等第三产业结合起来了，所以可以做到对农业生产实行工厂化管理。由此发展起来的小城镇，已大大缩小了工农之间以及城乡之间的差距。这也是我过去说的信息技术革命和生物技术革命所带来的必然成果。按照这种思路发展的结果是，我国西部地区不仅将摆脱贫困，而且将在21世纪的中后期，迈向共产主义的康庄大道。

这样的任务当然是长期而又艰巨的，可能要经过几代人的努力。但“两弹一星”的实践使我深信，在中国共产党的坚强领导下，依靠广大人民群众，包括科学家和工程技术人员，我们一定能够克服各种困难，用“两弹一星”精神和经验，把祖国的西部建设成繁荣昌盛的家园。

此致

敬礼

钱学森
2000年3月28日

此文摘自《钱学森知识密集型草产业及第六次产业革命的理论与实践》，李毓堂编著，中国农业出版社，2010年出版。

沙产业是钱学森同志
提出的，在沙漠、干旱土
地上，利用现代科学技术，
将那里的光能、风能
和土地发展为人民造福的
产业。如同海业、草业一样，
叫作沙业。

2008年4月20日，宋老在听取刘恕关于沙产业的报告前，就沙产业、沙业，写下了如下的话："沙产业是钱学森同志提出的，在沙漠、干旱土地上，利用现代科学技术，将那里的光能、风能和土地发展为人民造福的产业，如同海业、草业一样，叫作沙业。"

宋平同志见到刘恕、田裕钊夫妇后说，你们来之前，我想了一下，写成几句话，你们看看，是不是要修改。陈舜瑶同志把宋老亲笔写成的字条，交给刘恕。刘恕答应复制后，将原件返回。

（二）宋平论述沙产业

宋平同志在甘肃河西走廊沙产业开发工作会议上的讲话

1995年11月30日

甘肃省政府、林业部和中国科协联合召开的沙产业开发工作会议，很有意义。刘恕、田裕钊同志告诉我以后，我很愿意参加。现在我不管事了，来这里就是摇旗呐喊，推动一下这个事业。对于沙产业，我完全是个外行，不懂，没啥讲的，但我总认为这个事情很重要。甘肃这里地处沙漠边缘，干旱缺雨。人民怎么脱贫、致富，怎么缩小和东部地区的差距，这些问题一直在我脑子里转。我离开甘肃时和同志们交换意见，我说过在甘肃工作，得有股子韧劲，就是像古书上说的“人一之，己百之；人十之，已千之”的精神干工作，因为这里和沿海地区的条件不一样，不以这样的精神干工作是不行的。后来，听到钱学森同志提出沙产业问题，要用现代科学技术在干旱地区发展大农业，这时我的思想是个很大的解放，非常高兴。沙产业是一种什么样的产业？前面一些专家发表了很好的意见，钱学森同志已经对沙产业作了很好的界定。我个人理解沙产业，正如马宾同志讲的，不是用沙子做的东西叫沙产业，而是在沙漠干旱地区利用现代科学技术，充分利用阳光优势，实行节水、节能、节肥、高效的大农业型的产业。那天在这里看了暖棚和滴灌、渗灌，有的把肥水回收，重复使用，不只节水，而且节肥。种庄稼需要水、肥、土、种和阳光这几样东西。我想在西北这样干旱的严酷条件下搞农业，就得发挥这里的优势。辩证法讲事物是对立的统一。对立的双方在一定条件下可以互相转化。这里的优势，是阳光，劣势是水。通过什么办法转化这个矛盾，就是通过现代的科学技术，用物理学、化学、生物学等基础科学，还加上自动控制等技术科学，还有工业、信息系统，把这些科学尽量利用起来。在甘肃这么严酷的条件下，也能发展高产、高效农业。当然，没有现代科学技术，是不行的。要人民过上小康生活，缩小东西地区差距最重要的也得靠科学技术，再走几千年的老路，只能贫穷，落后。所以，钱学森同志提出，运用现代科学技术，发展沙产业。在我国，沙漠和沙漠周围、干旱地区的面积同我国的耕地面积几乎相等。旱地面积比沙漠面积大约多一倍。甘肃就属于这类地区。怎么改变甘肃面貌，就要用现代科学技术武装干部，武装人民。这完全符合五中全会提出经济增长方式要实行两个转变的精神。发展沙产业，不是再到沙漠边沿去开荒，破坏植被，而是在有水的地方搞地膜覆盖、温室、滴灌、渗灌

等一系列的科学措施，发展经济。如果说在别的地方实现这个转变很重要，那么在甘肃这样干旱地区就更为重要。有了这个认识，还得有办法，就是科学技术的办法。西方说以色列是欧洲的“冬季厨房”，我想河西地区，西北的干旱地区，为什么不能成为全国的“科季厨房”？这里阳光充足，搞得好，一年四季可以种植作物。我国人口还要增加，食物结构要改善。全国耕地每年大约减少500万亩，耕地每年减少，必须有个补偿计划。一是提高单产，二是增造新的耕地，把耕地面积减少的损失降到最低限度。不走这个路子，没有别的办法。钱学森同志在西北工作时，就看到了这种可能性，提出了沙产业的概念，使沙漠戈壁地区看到了前途。为西部地区脱贫致富奔小康、缩小东西部地区差距找到了路子。缩小收入差距，共同富裕是社会主义经济所要求的。

对沙产业的内容我知道的很少。我想说说节水农业。听说古浪县用地膜覆盖种的小麦，灌一道水，亩产达到470千克，过去要用3～4道水。使用地膜，取得了很高的产量，并节约了用水。塑料薄膜温室改变了生物生长的环境，投资要高一些，效益也更好，再就是滴灌技术。

关于微藻的利用是很有前途的一项伟大事业。它是未来的粮食。现在全球人口是70亿，将来可能是100亿。那时，人类吃什么？外国有人提出：谁养活中国人？同样可以提出，谁养活世界人？现在我们找到了一种灵巧的东西，就是微藻，它是一种灵巧的太阳能转化器。这种单细胞生物，能直接从太阳能转化成含碳水化合物和蛋白质的物质，只要条件适当，繁殖起来很快。我们有广袤的土地，广阔的海洋，可以生长藻类。所以解决人类的粮食还是有办法的。藻类就是一个很有前途的产业。现在藻类逐渐被人们认识，到形成一个真正的产业还有很长的距离。田裕钊同志搞了个小型试验，大家看了，不错。又看了养猪场用微藻喂猪，它不脱水，直接拌到猪食里喂了。别看办法很土，还是很科学的。它利用猪呼出的二氧化碳，经过阳光，合成了猪的饲料，又放出猪需要的氧气，形成了一个小的生态环境。微藻有可能成为未来的饲料、食品和能源，这当然是未来的事情。微藻是很低级的生物，又是一种最终拯救人类的东西，所以很值得好好提倡一下。

沙产业，钱老已经提出十几年了，现在还处在研究起步阶段。怎么起步呢，首先得解决认识问题，就是要认真重视这个问题。甘肃要脱贫、要缩小东西部的差距，发展农业型的沙产业应是一条好的路子。因为这里发展沙产业的条件比较好，所以我们要坚决走这条路。我们在这里开这个会很有意义。会后还要进一步宣传，使大家重视起来。以色列在这方面已经先走了一步。我国人口多，沙漠干旱地区面积大，更应该走好这条路子。我们国家干旱、半干旱面积还是很大的，如果搞好了，绿地农业、旱地农业，粮食作物肯定能增产。过去咱们是叫南粮北调，北方人

吃南方调来的粮食，现在南方经济发展了，工业发展了，商业发展了，经济发展了，出现了北粮南调的形势，我看将来西菜东调，也不是不可能的。专家们在这次会上谈了一些很好的意见。我们要有信心，有勇气，这里虽然干旱，但干下去，会得到应有的报酬。

我建议：对这个地区的生物作点调查。沙生的植物、沙生的动物，特别是别的地区没有或少有的生物，我们要很好地保护，不要在我们这一代或下一代人手里绝了种。要把这些物种好好保护起来，然后好好研究怎么繁殖、怎么加工利用。此外，还要因地制宜，引进新的品种。你们搞的大棚温室，如果不引进好的品种、好的种子，不高产，就对不起这个大棚温室。北京有个中以农场，西红柿亩产达到19000千克，西红柿茎长得很长，不断地长，不断地结；种的黄瓜，长第一个叶的时候就开花结瓜，第二叶、第三叶每个叶结两个黄瓜。不断地长不断地结，不断地上市。搞了温室，就要充分利用它的面积。在温室里搞普通蔬菜卖不出价钱。现在是市场经济，要根据市场需要选好品种，搞好销售。要有领导，要有党的领导，政府的领导。基层合作社，经济联社去组织经营，搞产、供、销一条龙服务。

再一点，就是抓人才培养。沙产业技术有些已经到了适用阶段，但得靠人去掌握。光有科学技术，没有人去掌握也形不成生产力。张掖地区很重视人才的培养，把有些村支部书记送到江苏发达地区去培养，把企业管理人员送到大学去培训。地区农校也起了很大作用。张掖那个万头猪场，就有甘肃农大的专家指导。要下本钱培养人才，培训干部，将来农民都要经过培训，取得绿色证书才能上岗。沙产业，牵扯的方面很多，有农业部、林业部、水利部，还有科委、计委、科协，还有电子部，因为将来要用微电脑控制。这次这些部委的同志来参加会议，就是对这个事业的很大支持。希望回去以后，予以重视。河西条件还是比较好的，请中部委同志稍加扶持。比如，微藻很有前途，但需要做试验研究。希望在这里搞个试验点，钱不会很多，搞起来是很有意义的。

（根据1995年11月30日在甘肃河西走廊沙产业开发工作会议上的讲语录音整理）

1995年11月30日，《宋平同志在甘肃河西走廊沙产业开发工作会议上的讲话》收录于《认知沙产业 践行沙产业——刘恕文集（背景资料链接）》，作者刘恕，科学普及出版社，2012年出版发行。

宋平同志在促进沙产业发展座谈会上的讲话

1998年10月21日（北京）

今天主要是来看望一下大家，你们都是在沙漠地区从事工作和科学研究，在那里辛勤劳动。

大家知道，沙漠干旱地区有许多是不毛之地，生态环境非常脆弱，动物、植物生长很困难。但是，我们的人民、我们的干部、我们的科学家，长期在那里辛勤地工作，把自己的工作当做一项伟大的事业来进行。在这一点上，我觉得，如果没有很崇高的牺牲精神和奉献精神是很难做到的。这种奉献精神是建立在一种什么样的基础上呢？那就是建立在对治沙、防沙、生态的改善以及我们人的生存条件深刻认识的基础上，需要有高度的理性认识才能产生奉献精神。我们的地球，耕地面积在不断减少，人口在不断增加，沙漠化的现象现在还没有得到根本地遏制，生态情况在不断恶化，我们对人类的未来，对我国国民经济的持续发展，对生存条件的变化会忧心忡忡，想到这些问题，我们大家都感到恶劣的环境需要整治。但是，这些问题的治理不是在短期内能见效的，人类的力量是很伟大，但和自然的力量比较起来还是很微薄的。可是，我们必须改变恶劣的环境，必须制止环境的恶化，改善环境，这就需要我们人类不断地和沙漠、环境的恶化做抗争。所以防沙、治沙，在沙漠地区发展生态农业是一件有着非常重大意义的事情，也是一件很有前途的事业。

远山正瑛先生讲，在我们中国，大约有90%的人口生活在40%的土地面积上；而在西部地区，一半还大的地方，生存着不到10%的人口，也就是说，一边拥挤得不得了，另一边人口还很少。我们的土地这么少，但我们有远大的前景，这就需要我们来治理沙漠，开辟沙漠的资源，在那里用科学的方法来发展农业。现在已有许多试验点上的成就证明这是可以做的。大家都很重视以色列的经验，以色列的条件并不好，但是，他们农业的发展水平和国民经济的发展水平是相当高的，他们就是不怕艰苦的环境，不怕条件困难，用新的科学技术发展生态农业——阳光农业。他们现在达到相当高的水平，这使我们看到了前景。同时，从我们自己的工作中也看到了这些好的先例，如张掖地区、内蒙古恩格贝以及宁夏和新疆的一些地区都搞得很不错。但是，要真正发展沙区阳光农业。必须要用科学的方法，单凭我们传统的方法，单纯人力的办法是战胜不了的，那样，只能是沙进人退，继续扩大荒漠化的面积。如果我们运用科学的方法，运用新的科学技术、最新科学成就，我们就可以

更有效地做出成就来。也就是说，在很小片的土地上，如果我们真正地按照科学的方法去发展、去管理，依旧可以实现高产，可以生产出反季节的蔬菜和水果，可以生产出过去从来没有生产过的植物及其他产品。用科学的方法可以改善环境，可以提高生产力，这些我们是可以做到的。

我感到，在沙漠地区工作的同志，他们具有自我奉献的精神，正在从事一项伟大的事业。因为，你换一个地方，都比在沙漠地区条件要好，不管是在城市还是农村，都胜过沙漠地区的条件。我曾经到过恩格贝，那里的志愿者现在还拿不到工资，但他们愿意在那里工作，他们的孩子，他们的家属有的在城市里工作，有的在农村工作赚钱来养活他们。但是，他们热爱这一项事业，仍然坚持在那里工作，所以，这种精神非常值得我们宣传、表扬，值得我们学习。我说，特别应该学习远山先生这种精神，他是一位外国人，今年93岁高龄，他既是一位农民，又是一位学者，他放弃了日本做教授的优越条件，远离自己的家乡，在恩格贝工作长达9年。我问他："你身体这么好，有什么诀窍？"他说："一是每天早起，五点钟起床；一是干活，每天出一身汗。"他在恩格贝，不是每天待在家里，而是在那儿干活，一直工作到下午6点才下班，我们很多年轻人都干不过他，这是一种什么精神，我想这是中日友好的一种体现，一种国际主义精神，一种为人类作贡献的精神。他想到的不是自己，也不是自己本国，因为日本的沙漠已经治理完了，现在他是到有沙漠的地方治理，不管是哪个国家，他要作出自己应有的贡献，这是对人类的贡献。我觉得这点精神值得我们很好学习。我们从事沙漠工作的同志应该很好的学习远山先生的精神，他不仅自己在这里劳动，每年还组织很多志愿者到这里来，现在有1000多人陆续到恩格贝劳动植树，他不但自己在这里做，而且叫他的儿子，孙子也到这里来劳动。所以，我听后非常感动，我想，我们现在从事沙漠治理的工作，从事沙产业开发的尝试，应该有远山先生这种精神，大家现在都比较年轻，我们起码要干到93岁吧！远山先生还想再干30年呢！这种精神值得我们很好地学习。

沙漠环境治理，在干旱沙区发展阳光农业任务很艰巨，不是短期的工作，也不是仅仅我们这些人的努力能办到的。我们要扩大宣传，要推广试验点上的经验，要引起全社会，引起我们国家主管部门和有关部门的重视，没有国家力量的支援，没有全国人民支持，没有大家动手，这个事情是做不好的，也做不了。因此，我们既然干了这项事业，我们就应该爱惜它，珍惜我们已经做出的成果，要下决心把这个事业干好，干到底！要树立我们为人民服务的世界观，就是用先进的科学技术加上实干精神，在干旱沙漠地区建设新的阳光农业绿洲。我们要向远山先生学习，做出成绩来，既可以创造出财富又改善了环境，前景是美好的。我们要加大宣传的

力度，更重要的是要实干，像远山正瑛先生那样脚踏实地坚持到底，争取把事情做得更好！

（根据宋平同志出席在北京召开促进沙产业发展座谈会上讲话整理。）

1998年10月21日在北京，《宋平同志在促进沙产业发展座谈会上的讲话》收录于《认知沙产业 践行沙产业——刘恕文集（背景资料链接）》，作者刘恕，科学普及出版社，2012年出版发行。

宋平同志在沙产业会议上的讲话

2000年6月28日（甘肃武威）

同志们都讲得很好，特别是省里的同志做了很好地介绍。我既没有实践，也没有做调查研究，来参加会议就是参与研讨怎样更好开展沙产业工作。

从上次开沙产业会议已经五年了。甘肃河西地区开展沙产业，在原有基础上有了很大进展，无论生产的成果、规模、技术水平，还是领导和群众精神面貌方面，都有显著提高。

钱学森同志1984年提出了沙产业的科学构想，到现在已经16年了。河西的实践初步说明了这一构想的正确，内涵深远，意义重大。它启发我们的思想，动员了干部群众、科技工作者向沙产业进军。它为干旱、沙漠地区农业开辟了一个新的领域，为现代化的、知识密集型的大农业，为地方的脱贫致富，找到了路子，增强了信心。我和大家一样也认为：甘肃在这方面是走在前面的。甘肃的人民，各级领导干部和科技人员付出了艰巨劳动，中央有关部门也给予多方支持和帮助。这里应当提到的，刘恕、田裕钊同志和“整治沙漠暨产业学会”诸同志的重要作用，他们对沙产业的意义认识得早，积极地研究、宣传、总结、推动沙产业功不可没。

但是沙产业对我们毕竟是一个新的课题。它要在不毛之地上，利用科学技术，充分利用那里充足的阳光和有限的水资源，创建和发展大农业，这是崭新的前途宽广的伟大事业。要做好这篇大文章，还需要做很多工作。首先是认识问题，要正确认识理解沙产业理论，它与传统的生物防护（造林治沙）的理论和方法并行不悖。种树种草以遏制风沙侵蚀农田、牧场，而且要以高科技、以更大规模来进行。当前，沙尘暴频繁，防护和建设生态环境的工作非常重要，需要大大加强。

另一个认识问题是沙产业与传统农业、现代农业的关系。沙产业是知识密集型的大农业，它对我国当前的农业起着导向的作用。我们必须从现有条件出发，不断提高科技水平，改造传统农业、“石油农业”，以遗传科学、生物技术为核心，逐步向知识密集型大农业迈进。

我国沙区和干旱地区面积大，而且还在发展，那里的草业、林业、畜牧业现代化水平不高，人们的生活和发展面临很大压力。钱学森同志以科学家的眼光，预见到这个关系我们农业发展，广阔沙化地区的开发，人类生存发展的大问题。我们国家人口多，资源相对贫乏，国际上有人提出来了，“谁养活中国人？”我国现在有12亿7千万人口，据说到16亿的时候，就可以实现零增长。有人说，这是不可能

的。联合国的相关报道，按照现在一个妇女生两个孩子计算，中国要达到50亿人，才能达到零增长。照此推算，全世界人口将达到250亿。这是一家之言，不那么可信，但环境在恶化，不仅中国耕地在减少，全世界都在减少。因此，要养活日益增长的人口，确实是个很大的问题。马尔萨斯在他的人口论中预言过这个问题，现在是面临着地球到底能养活多少人的大问题。钱老提出的沙产业的科学构想，给我们很大的启示，突破了传统农业对土地资源的观念。在过去认为的不毛之地上，可以发展优质高效的大农业，开辟了新的农业发展资源，开创了新的道路，解放了我们的思想。运用现代的科学技术可以解决这样的问题。有了农膜、塑料大棚，在北方可以栽培南方的蔬菜、瓜果，全年都可以吃到反季节的蔬菜。在智能温室里栽培作物，全不受地域限制，真可谓地不分南北西东，时不分春夏秋冬。现代科技完全可以在荒漠中发展大农业，适合人类生存的小环境大大扩展了。我最近看到材料介绍，在塔克拉玛中部打油井，夏天日照下沙表面温度高达五六十摄氏度，那里不但修建了世界上最长的沙漠公路，两旁构筑了防护沙侵工程，而且初步试验成功种树种草，职工宿舍和车间均有空调，还设置了娱乐室和图书馆，室外可以踢球，生活条件不错，人们已经能够在“死亡之海”里生存，从事石油工业。

把高科技应用到农业上，不单可以栽培出原来不适合在某些地区生长的瓜果蔬菜，而且可以培育出新的品种。遗传技术和生物工程还可以创造出适应荒漠的耐干旱盐碱的新物种。沙产业的科学构想为农业的发展开辟了一种新的资源，使贫困地区、荒漠戈壁地区，像甘肃这样干旱、半干旱地区人民豁然开朗，看到了广阔前景，有了新的希望。过去我在这里工作，确实发愁，没找到好办法。甘肃传统做法是用“压沙”来保墒保温，挖沙、运沙、铺沙地要耗费很多劳力，一个劳力一辈子修不出几亩压沙地！流传着压沙地是“累死老子”、“撑死儿子”、“饿死孙子”。即第二代丰收，第三代沙土混杂，失去保墒的作用了。今天甘肃地膜一铺就是一千多万亩，以前没有地膜，不懂得用地膜的年代，谁能想到一铺就上千万亩？现在节水灌溉，微灌、滴灌、喷灌各种设备普及得这么快，过去何曾想到过？将来科技进一步发展，甘肃完全有可能较快改变面貌。甘肃生态环境脆弱，生产条件不好，我们更要依靠科学技术，因地制宜使劣势转化为优势，变落后为先进。譬如大家讲到甘肃一些地方气候干燥，病虫害较少，阳光充沛，农民勤劳，有些外地、外国农业专家乐于来这里制种。过去我们冬季跑到广东、海南制种，现在有了温室，人家来我们这里制种，这里生产条件上的“缺点”就转化成了优点。提高思想，开阔眼界，运用现代科技，就可以找到脱贫的路子。

什么是沙产业？根据钱学森同志的论述，简要地说，就是在荒漠干旱地区搞知识密集型的大农业。大家讲了很多体会，甘肃同志们通过实践总结为：沙产业就是

“多采光，少用水，新技术，高效益”。在西北干旱、半干旱地区，阳光充足，降水少，蒸发量大，最迫切需要开展沙产业。长江三角洲、珠江三角洲等地方亩产千斤，常规农业就可以办到，而在沙区只有利用现代技术才能达到。我们从近几年实践中看到了希望，找到了路子，就要坚定信心，下定决心，进一步研究、创新、推广。我在甘肃工作时，曾提倡学习以色列搞农业。我没去过以色列，那时中以两国还没有建交，我发现在伦敦市场上出售中国大白菜，我很惊奇，以为是从中国进口的，其实那是以色列用中国品种生产的。以色列是个小国，面积不及河西走廊，但它却大量供应欧洲反季节蔬菜瓜果，被称为“欧洲的冬季厨房”。包括农业技术、设备在内，年出口额达到90多亿美元，它已实现了在沙区夺高产的理想。当然他们人民文化水平高，科技人员多，我们不好比，但它频繁与周边国家作战，大环境没有我们好。我们学他们搞农业的办法，虽然短时期达不到它的水平，可能速度也不慢。我在这里工作时哪能想到铺农膜上千万亩，万头猪场已有三家，葡萄连片栽植几万亩，现在看了真高兴，农业规模和我当年在这里工作时相比大大超过了。发展农业，特别是用科技装备农业，当然要投入，国家各部门给甘肃很大支持，听说去年银行给甘肃贷款6个亿，过去是不敢想的。现在要转移支付，要开发西部，想来国家会继续支持，这种银行的投入，会有回报的。有了投入，速度就可能提高。我们力求低成本起步，搞知识密集型大农业，也要因地制宜，就地取材。上次在山丹参观半地下二温室，铺砂作基质无土栽培，水肥一次自流灌人，回收后循环利用，这是土办法，也是巧办法，很科学，投入少，可以提倡。

总体来说，解放思想，搞好农业，加强传统的造林种草、防治风沙，在各个生产环节上，尽可能采用现代科学技术，以沙产业理论为导向，不断朝知识密集型的农业前进。

第二个问题讲讲从实际出发作科学规划。经过周密的调查研究，全面考虑，订出科学的发展规划，逐步完善，不要轻易更改。“一张蓝图绘到底，一届接着一届干”，这是赤峰市的经验。他们打开村、镇界限，集中连片治沙治山（治理水土流失），一次造林上万亩，春天整地挖树坑，秋天栽。各级干部带头，组织几万人上山，大打人民战争。事先经过培训，持证上场，按统一规划、明确分工，树穴长宽深规格化一，挖好坑要严格检查，优奖劣罚。工程规模之大，质量之好，组织之严密，看了真叫人高兴。防沙治沙，就是与沙化比速度，这要长期持续干，几年、几十年才能见效，需要有股韧劲。

开展沙产业，省、地、县甚至村干部都应有自己的规划，长期坚持，既不要随便更改，又要根据实践及时总结经验，不断地完善，逐渐地改进。防风治沙、治理环境的总目标不能动。河西的绿洲地带，渠道的规划，只能逐步地完善、防风治

沙、改善环境，目标和任务非常重。腾格里沙漠的边界，沙丘一年年地延伸，你不固沙怎么办！榆林过去的农田，现在成了大大小小的沙丘，现在他们把沙丘推平，灌上水又变成绿洲。规划的核心是水，水这笔账是能算的。河西有78亿m^3水，包括地上、地下水，利用63%和57%。水在不同的年度是有变化的。祁连山的水比较稳定，但也有变化。这些水一定要可丁可卯地把它利用好。不能有了水就开荒，把水用了，别的地方水就在减少。上游占了，下游就没有水；武威占了，民勤的水位就要下降；河西走廊把水占了，额济纳旗的水就少了，就那么多的水！荒漠化的加唰，与我们农田对水的利用有关系。上游用水少了，起码下游的沙生植物如骆驼刺、沙蒿等就会多一些。过去居延海那里，黑城子、水草都是很好的。历史上，汉武帝为了防止匈奴入侵，在那里屯兵，就要放牧、种地，后来引起沙化，生物没有了生长条件，人就退出来了。1980年我去看了一下，甘肃为那里通了电，生活条件还可以。现在，一个乡1万6千平方千米，只剩了1千多人，派出所、邮电局、银行都撤走了，乡长勉强呆着。没有生存条件了，牲畜不能生存，人当然就要走。怎样把水用得最有效，对生态的保护最好，这确实是个大难题。生态的问题，在当年看不出来。也许今年看到的情况不错，就开荒，过几年地荒了，风沙起来了，再去治理就很难了。

从人类历史发展看，埃及、巴比伦都是古文化的发祥地，文明程度相当高，我国周代在甘肃陕西一带也创造出较发达的文化，后来因为自然条件恶化落后了。水账要算好，利用规划好，怎样才能从整体上获得最大效益。发展农业、林业、牧业和保护生态都要用水。方才有位同志说一棵树的年蒸发量是20吨水，一棵沙棘是一吨，种什么好得算算账，我见过许多地方防护林带种杨树，远看一片林，近看却是干细叶疏的“小老头”树，水少了树就不长。又如营造水源涵养林，也要看地方，祁连山上栽树可起涵养水源作用，在山下造林就要耗水。因此，要因地制宜适地适树，兼顾生态、经济、社会效益，就要做好科学规划，经过论证，切实可行。

从张掖到酒泉，再往敦煌，沿长城这一带有些地方大片戈壁滩，造林不具备条件。只要沙丘不流动，依我看，不一定造林种草，保护原貌就行。

草原发展牧业也要算水账。我冒估一下，现在的草原差不多都超负荷利用，以至破坏了草原植被。草少养不住牲畜，人也只好迁徙了。要下决心减少载畜量，改良牲畜品种，同时培育优良牧草，发展人工草场。要科学计算一下，一方水能养多少大、小牲畜，能开多少田，能供多少人生活，要按水办事。

要厉行节水和严格管水，发展节水农业。昨天我们参观铺膜加喷灌试验田，一亩麦用水100m^3。现在一般每亩平均用水500m^3，能不能订个时间表，逐步减到400m^3、300m^3，力争降到200m^3。订个计划，提出目标只供多少水，逼着农场、农户

设法节水。现在有的地方仍是大水漫灌，致使土地盐碱化，这种耕作习惯必须改。严格管水不是一件容易的事情，过去村与村为争水打死人，国与国也为争水打仗（以色列和阿拉伯国家闹矛盾，很重要一个问题是争水）。水是农业命脉，关系到国计民生，断了水就不能存活，谁垄断了水就可置人死地。因此，水一定要控制在国家手里，由国家管。具体由省、地、县国家权力机构立法，各级政府管理，我认为，还必须实行民主管理。要有群众参与，一年开几次有群众参加的分水会议，测量水的仪器、仪表经常检查校准，并且要有人监督。新中国成立前有水霸，谁和他关系好，多给钱，就给谁水。倘若打点不好，他在卡脖子旱时断水，庄稼就死了。因此水必须由国家从严管理，倘若搞承包，承包到哪一级，承包给谁可以研究。一句话，水必须管好，避免浪费和分配不公。在这问题上，要有全局观点，要为群众着想，特别要照顾贫苦农民，使他们参与水的管理。有些村镇把打井、管水、卖水都承包给个人，由私人垄断起来，他如果超量抽水，可能引起周围井位下降，引发纠纷。所以必须组织好群众参与管理，力求公平、公道、科学。

节水要大力推广已经成熟的先进技术，如地膜、滴灌、渗灌等设备，同时也倡导因地制宜，就地取材，采用土办法，巧办法，低投入先起步。

科学在飞速发展，我们要不断创新改善，听说甘肃已制造成功滴灌用的减压阀，无须买高价进口货了，但以色列的经销商说我们造的质量比不上他们，他们的塑料棚也有因地制宜的专门设计，我们还要改进。又如农膜种类很多，功能各异，我们不能满足初步成果，还要精益求精。沙产业的理论启发了我们的思路，无论在采光上、节水上，引进品种上，都可以发动群众，学习、试验、创造，土洋并举，由低而高。譬如这里自创的阴阳棚，阳棚种瓜果蔬菜，阴棚栽培食用菌。有的棚内一边种菜，一边养猪，猪呼出二氧化碳可供给菜棚，猪粪可以作肥料，互补两利。既可以建太阳能温室养猪，也可以家庭简易猪圈盖上塑料布保温。昨天我们参观的几万亩葡萄园，应当建自己的小研究所，既为生产服务，又培养人才。人才是最宝贵的，要充分发挥当地人才的作用，又要从外地引进人才，还要发动广大群众，开动脑筋，研究实践中的问题，运用科学原理，解决实际问题，不断提高科技水平。参会的各部委都是人才荟萃的地方，你们照顾扶持像甘肃这样西部贫困地区，扶持有各种方式，包括技术上的、规划上的、资金上的，特别是人才上扶持。你们都是专家，下来看看，指点指点，帮助他们提高，这要搞一个符合实际的计划。

最后，我想讲一下发展沙产业关键在党、关键在人。沙产业是非常伟大、艰巨、长期的群众性事业，需要我们很好地宣传，并组织各有关科学技术专家研究，组织各有关主管部门协作，如林业、水利、工业、科技、财政等等，组织群众参加。因此，唯有党和政府才能总揽全局，协调各方，发动群众才能搞好。我听赤峰

市领导谈治沙，他们将旗、苏木（乡、镇）统一计划，把财政、农、林、水各方投资捆在一起用，不打乱投资渠道，有成绩各记其功。譬如：各部门可以写上他们的工作成绩，妇联、青年团可以命名“三八林”、“五四林”等等。治沙、治山这种事，一家一户办不成，必须组织起来，现在我们实行的是家庭联产承包责任制，这就需要实行“统分结合”的双层经营。防风固沙规划需要统一，水的开发分配需要统一，组织实施上可以“统”也可以“分”，也可以承包到户或人，参加劳动记积累工，整治的林地或分配或出售。总之，适合“统”的“统”，适合“分”的“分”，统分结合。例如那个葡萄园，规划、用水、技术指导、基础设施等是统一的，也可产销一条龙式管理，种植、管理等承包到户，一家十亩。这样才能实行规模经营，又不改变联产承包。不能设想一家一户既种植，又销售，没有社会分工。联合可以由集体企业，也可由龙头企业来统办，不管谁统，总要照顾农民的利益。因此，党要管，农民要参与，我们的目标是为人民服务，最后都要落实到发展生产、提高广大群众的物质和文化生活水平上。

我们在沙区（包含绿洲）工作，要对人民有高度责任感和深厚的感情，具有共产主义崇高理想和奉献精神，我们最终目的是解放全人类。贫困地区的人民最需要党的领导，我们党员干部有责任留在沙区，和群众一起艰苦奋斗，长期坚持，把荒漠变成幸福家园，使群众都能过上幸福的生活，这不但在河西、在全国、在世界上都是有重大意义的。为了这个事业，我们就是吃再多苦，也值得呀。艰苦地区的人民最有斗志，最能吃苦，又特别勤劳智慧，我们对发展沙产业，建设沙区，应当有信心！我愿与大家共勉！

（此稿按讲话录音整理后又经宋老亲自修改而成）

2000年6月28日在甘肃武威，《宋平同志在沙产业会议上的讲话》，收录于《沙产业系列论文集之六——解读沙产业》，作者刘恕，科学普及出版社，2009年6月第1版。



（三）认识篇

《时代的召唤》

——重温钱学森关于第六次产业革命的论述

刘 恕

（一）

1983年1月5日，钱学森曾致函《未来与发展》编辑部，希望这个刊物，突出《未来与发展》的特点，着重未来，科学地预见中国的未来。[1]当年，7月16日，中国未来研究会召开"公元2000年的中国"学术讨论会，会前，钱学森说："'公元2000年的中国'概念是什么？实际上是2000年前后的中国，是指21世纪初的中国。""中国未来研究会的任务就是展望21世纪"。[2]作为伟大的爱国者、杰出的科学家，钱学森始终以其博大精深的学识、超群的思维智慧，谋划着国家的发展，凝视着未来。

20世纪80年代初，当技术革命在我国成为热烈讨论的课题时，钱老在多种场合，就新技术革命对国家发展进步的作用，阐述了自己的看法。1984年2月7日，在中国系统工程学会座谈会上讲了科学革命、技术革命、产业革命的概念。在回顾了人类文明的发展史后，提出"人认识客观事物进程有飞跃的时候，这叫科学革命"。"人改造客观世界，在技术上有大的进步、大的变革，这个叫技术革命"。"有了科学革命、有了技术革命，最后直接作用到生产，这个就引起生产体系、生产结构的变化。这种变化，从量变到质变有了飞跃，这个时候，就出现了产业革命"。"产业革命是由生产力发展所导致的生产体系和经济结构的飞跃，所以产业革命的巨大变革既包括生产力也包括生产关系。当然它也必然影响社会结构，带来社会上层建筑的变化。"[3]"如果下一个定义的话，产业革命就是经济的社会形态的飞跃，它是社会形态，是经济方面的社会形态的飞跃"。[4]"产业革命是经济的社会形态的飞跃，动力是生产力的发展，与科学革命、技术革命有关，但不是仅仅哪一项科学革命、技术革命或哪几项科学革命、技术革命的后果。因素复杂得多"。[5]在理清科学革命、技术革命、产业革命概念及其间关系的同时，钱老以战略的目标，前瞻性地从能源利用的视角提出，21世纪在我国必然出现一场新的产业革命。1984年3月，他在题为《工业革命的挑战和我们的对策》的长篇报告中指出，"从18世纪末19世纪初在国外的那一次产业革命都是在集中利用煤、石油、天

然气，现在利用核能“。实际上太阳能是最大的能源，一年中，太阳能光照辐射到我国960万平方公里的土地上，相当于消耗16000亿吨煤。就算只有四分之一的国土上的太阳能量，能够直接用于农业和林业，植物光合作用的效率是1%，每个人就会有五吨以上的农、林产品。“现在问题是，大量的浪费了，就是说太阳能没有得到充分利用，作为低温辐射，又到太空了，人没有用到”。“我们要用科学技术，把农业变成一个高度知识密集的技术性生产体系”，“把农业真正放到现代科学这个水平上来搞，高度知识密集、技术密集的，高效能的大农业体系”。[6] 预见性地提出了，伴随化石能源日渐枯竭，一个以取之不尽、用之不竭阳光为直接能源，“通过光合作用进行产品生产”的知识密集、技术密集的大农业生产体系的将会出现。

同年5月10日，钱学森在给吕宗耀的信中，对人类社会生产时代进行了划分，提出了自己的产业革命序列。

“我认为产业革命分以下各次：

第一次：农牧业的出现和兴起，大约公元前七、八千年。

第二次：商品生产的出现和发展，大约公元前一千多年。

第三次：大工业生产，18世纪末19世纪初。

第四次：国家以至跨国大生产体系，19世纪末20世纪初（这是我们要补课的那一次产业革命）。

第五次：电子计算机、信息组织起来的生产体系，即将到来的一次产业革命。

第六次：高度知识和技术密集的大农业，农、工、商综合生产体系，可能出现于21世纪的社会主义中国。”[7]

针对各次产业革命的内容，结合我国的实际，钱老认为，近六十年内，我们任务繁重，“我国建国后，工业生产有了很大的发展。但是这些工业是小而全、大而全，就是一个工厂无所不包。这种生产方式实际上是陈旧的，是第三次产业革命的方式，而不是第四次产业革命的方式。……我认为现在城市改革是补第四次产业革命的课”，“迎头赶上，迎接正在酝酿的第五次产业革命。而且我认为展望21世纪，中国要以农村为基地发展高度知识密集型产业，即我以前所讲的五业：种植的农业、林业、草业、海业和沙业。这是21世纪将在中国出现的第六次产业革命”。[8] 钱老将面临的历史任务概括为“补课”、“迎头赶上”和“创建”三项。其中，创建农业型知识密集产业更具时代的挑战性。“创立农业型的知识密集产业所将引起的生产体系和经济结构的变革，不是21世纪将要在社会主义中国出现的第六次产业革命吗？这难道不是一个值得我们深思的严肃问题吗？”[9]

自上个世纪八十年代钱老的一系列关于新技术革命，特别是关于第六次产业革命，关于知识密集的大农业等问题的多次讲话，虽然有不少听众，发表的论文也

见诸于公开发表的报刊，但他为了取得共识和相应的支持，在近二十多年里多次致函相关的领导和专家、学者，共同探寻着第六次产业革命，这个即将到来的、令人“深思而严肃”的问题；始终不渝，历久弥坚地完成着他“要深入研究下去，还有许多工作要做，它是一个值得重视的方向”[10]的诺言。

（二）

早在20世纪80年代初，钱学森先生便以“创建农业型知识密集产业——第六次产业革命”为题，对第六次产业革命的内容作了论述。针对农业型产业的定义、农业型知识密集型产业的概念、农业知识密集型产业的分类以及各类型产业的基本内容做了阐述。“我在这里提出这样一个词，叫农业型的产业，是什么意思？农业型的产业是指像传统农业那样，以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系”。[10]太阳是强大的能源，我国“每亩地上每年接受的阳光能量相当于114～190吨标准煤”，农业型产业具有“得天独厚的优势”。他认为：农业型的知识密集产业应当成为，“一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另外一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代化科学技术，包括新的技术革命的成果，都用上了。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。”要“充分运用自然科学、社会科学、工程技术以及一切可以运用的知识来组织、经营它”。“农业型的知识密集产业，已经不是传统的农业了，其特点是以太阳光为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产体系，是一种产业。”可以按其主要生产活动划分出产业类型，一共有五类：“农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。”[10]强调，知识密集的高度综合的农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业的发展有着特殊的意义。指出：“一旦实现了知识密集的林产业、农产业、草产业、海产业和沙产业，那人类通过生物充分利用太阳光能生产的事业，整个经济结构就要改观。这才是新的产业革命。”[11]

进入20世纪90年代，钱老对于第六次产业革命的内涵做了进一步引申的分析。提出了，“以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，到21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因重组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。”[12]从而更加明确了科学革命、技术革命与产业革命之间内在的联系。对于第六次产业革命的实质则强调：“这次产业革命的实质是以太阳光为能源，利用生物（动物、植物、菌类），水和大气，通过农、林、草、畜、禽、菌、药、鱼，加上工、贸

等，形成新的知识密集型产业，即开创了大农业产业，它包括农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业。”[12]对于新兴的大农业，“不仅是劳动对象的拓广，而且还将以集信息、金融、管理、科技、生产，加上工、商、贸于一体的集团公司体制的运作。”[12]因而，理性地预言，“发展起来的第一产业（农业）和第二产业（工业）除生产产品不同外，在生产方式上已无实质性差别，即工业和农业之间的差别消灭了，两者结合起来成为物质资料产业。”第六次产业革命的发生地应是在“农村、山村、渔村和边远荒漠地带。随着这一产业革命的发展，这些地方也都将改造成小城镇”。[12]不断地论说，“第六次产业革命，其核心思想是通过创建知识密集型大农业产业，包括农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业。而这核心是将传统的第一产业改造成类似现代第二产业的新兴产业。它将成为集信息、金融、管理、科技、生产、加工、运输、商贸于一体的集团公司”。[13]“第六次产业革命就是要像第三次产业革命那样，机械工业兴起，手工业消灭了；第六次产业革命就是要消灭个体操作的第一产业，使农业也进入第二产业和第三产业，从而大大引入现代科学技术”[14]“第六次产业革命是主要把第一产业改造成为第二产业，让第一产业（小规模的农林业），从历史上消失。第六次产业革命的重点变革在于生产组织，大规模的集团式经营；换句话说第六次产业革命是直接利用第四次产业革命的成果--集团式公司组织，于‘绿色农业’和‘蓝色农业’。”[15]

可见，在新的一次产业革命发生发展过程中，伴随优化组合现代技术，拓宽劳动对象和创建适应生产发展的集信息、金融、管理、科技服务、生产加工、商贸为一体的集团公司，将会彻底地改变经济的社会形态，消除工业和农业、工人和农民、城镇和乡村的差别，完成第六次产业革命的终极价值定位。

钱老曾敏锐地捕捉发生在上世纪90年代，中国大地上的一切有关农业的变革：1.他称，在山东出现的，由农业总公司牵头，下设农产品加工、技术服务、销售服务的一条龙组织，是农业结束第一产业，走向第二产业，是“希望的曙光”已在大地上亮起来了。[16]2.积极提倡为迎接新的产业革命到来，实现人才优先战略。“实现第六次产业革命是个探索，可能要三四十年。所以培养第六次产业革命的人才，也自然是个探索过程，从现在已经出现的苗头做起，分阶段改造学校，逐步前进。”[17]3.理性分析着“投资”、“生物技术”是推进传统农业进入产业革命的两个要素。他在写给周嘉槐先生的两封信中说：“我也回关锐捷，向他介绍您这位生物科学技术专家，并说农业要进入产业革命，除投资外，还需要生物科学技术；所以请他向您请教。让我们大家来促进社会主义中国的第六次产业革命。”[18]“近日来报刊已多次报道有实力的企业已进入农产业，这也是好现象，投资有了强大的来源了。”[19]

钱学森先生认为：第六次产业革命，在社会发展史上有着重要的意义。其直接的社会效果将会消除人类历史上数以千年形成的农业与工业、城市与乡村、脑力劳动和体力劳动的差别。钱老这一鲜明的论点，早在上世纪80年代初已形成，并乐观又坚定的相信这一理想必然实现。在1984年3月3日《工业革命的挑战和我们的对策》一文中写道："我们把农业真正放到现代科学这个水平上来搞，高度知识密集，技术密集的，高效能的大农业体系。农村小城镇化是什么？这就是消灭两个差别。城乡差别、工农差别消灭了，再加上刚才讲的知识的重要性，一个劳动者没有知识恐怕是不行了。所以，我说一个劳动者也是一个专家，他要有很丰富的知识。这个前景是在我们的时代，就要消灭历史形成的三大差别，而这个事情在我国是看得见的，恐怕到下世纪，到建国100周年时，就要实现了"。[20]"您说我认为在人民中国建国100周年，将消灭三大差别，是过于乐观，也许是。马洪同志也说我过于乐观。让事实来证明吧。"[21]钱老对第六次产业革命坚定的信念，不仅源于他严谨的理性分析，更出于他对国家发展、民族命运的深切关心。在1995年3月17日，他曾在给李振声院士的信中道出了心声。"我想对我国农业，不能就为15亿人口，要想想中国人口到了20亿、30亿怎么办。也就是这个原因，所以这几年我一直在宣传第六次产业革命。"[22]

钱老对自然条件严峻的我国西部尤为关心。党和政府决定实施西部大开发战略时，他及时地指出，"江泽民同志在十六大报告中讲到西部大开发问题时提出：'积极发展有特色的优势产业'。内蒙古的优势产业是什么？我认为就是沙产业和草产业，这是内蒙古新的经济增长点。只要内蒙古的同志紧紧抓住了这两大产业，真正建设成知识密集型的沙产业和草产业，内蒙古的社会主义现代化建设就会迈上一个新的台阶，内蒙古的生态环境也会得到改善。"[23]

二十年来，钱老不仅竭力宣传第六次产业革命，更为重要的是推动知识密集的农、林、草、海、沙五类型产业的实践活动。实现着他"科学要从事实出发，并且最终要接受事实的检验，不然再"言之成理"也是空的。……只有论断被事实验证了，理论才算成立，科学研究才算有了成果。"[24]他曾不止一次地告诫热心推进知识密农、林、草、海、沙的人们"不仅要耐心做宣传工作。"[25]，更重要的是"只有让时间来回答。""从这个小小的开端来培育将来的伟业——知识密集型的林产业，是实事求是的，比空喊有效得多。"[26]"今后工作我想还应在实践，发展沙产业，有了人人看得到的成绩才好宣传说服人。"[27]

对于与西部干旱、半干旱地区密切相关的发展沙产业、草产业，钱老予以特殊的关注和指导。他不断宣传发展此类产业的意义，说发展沙产业"是社会主义建设的一件大事，让沙漠为我们服务！"[28]"沙产业实际上是未来农业，高科技农业，服务于未来世界的农业！您们开了一个好头，前途无量！"[29]帮助大家明确该产业

的概念，把握好践行方向以及善于学习他人之长。多次提醒“以色列在那么干旱的一点点土地上养活了那么多人。我想我国的沙业工作者，要注意学其所长。”[30]以便认真总结他们的经验，以开拓我们的思想。他用战略的视角审视着沙产业在实践中取得的进展，及时地给予评价和鼓励。“我想武威、张掖的同志实际是开创了一个新型的产业，在缺水但阳光丰富的地区……引入高新技术以及高新技术产品——新材料、信息技术等，将会出现前所未有的新产业，一个真正知识密集的农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业将要在人类的历史上登上舞台了。而这是从小弟弟沙产业做起的！高新技术将引发人类历史上的第六次产业革命！中国人可以当带头的！”[31]同时又及时提醒，沙产业“今后的任务大概还有100年，分阶段进行，在这一过程中，我们要不断地积累资金，再用来开发。……因为我们国家已经进入到社会主义市场经济，已经不是计划经济”，在市场经济条件下如何搞好？“就得学习”。“沙产业发展后，还有加工出口问题，现在把生产组织起来，生产能力扩大了，还要创造一些、开拓一些，因为市场需要很广。沙产业发展可要有有效地组织，否则就会破坏沙漠生态环境，如甘草的问题，听说现在有点乱。……当前市场需要很广，所以我们这个沙产业前途无量，但必须是要组织起来，有效地的组织进行，这是个很大的问题，由于它联系到群众，还有土地的如何使用，是承包还是怎么办。……这就是说有好些问题要做群众的工作，要合乎群众的思想，去激发他们的积极性并要有效的组织，否则会把资源破坏。”[32]

对于在自然条件严酷不发达的干旱地区，一项新兴产业的发展建设倾注如此细节的关注，不能不认为，这是一位杰出的科学巨匠的坚定信念，丰博的学识及高尚的品德相凝聚的体现。

（三）

今天，人类已进入21世纪的第二个十年，伴随人口的爆增（每增加10亿人口只需要10多年的时间），粮食的需求量增加了挑战。有人预测，当2020年世界人口增加到80亿时，粮食需求量将比60亿人口时增加40%。今天，世界上已经有数以亿计的人挣扎于食品匮乏的环境之中。粮食短缺、食品安全、能源危机、水资源匮乏等全球性的难题日益突出。人类面临的生存和发展难题既现实又严重。世界各国政要，国际有识之士无不关注农业的可持续发展，我国2010年中央一号文件，农业又一次被摆上更重要的位置。“世界上最重要的农业产品国，农业科技水平、生产效率最高的美国已开始全面布局应对农业的新挑战。”（科技日报2012年2月2日）“新兴经济体巴西，正在以合作社的组织推动农业社会化服务”（科技日报2012年

2月2日）。我国科技工作者倡议“将生物技术与现代农业紧密结合，作为农业现代化关键”（张正斌，2012）。人们呼唤“新一轮农业技术革命势不可当”。（科技日报2012年2月2日）

面对人类急待解决的难题和当今发出的“再掀农业技术革命”的呼声，重读钱老二十余年通过论文、书信、谈话、报告阐述的一系列独到的精深见解，特别是他的21世纪在社会主义中国，将出现第六次产业革命的预言，启示人们积极地迎接第六次产业革命的召唤，会感受到这是他站在社会发展的层面，从战略高度思考，给予人们明确目标及时代的召唤。人类社会发展与进步是沿袭着客观、时代的规律在前进，但一些智者，他们能洞察和揭示客观发展规律，引领人们摆脱迷茫，少走弯路。在这个意义上，理论的指导引领，就是人们期盼的，希望有的，黑暗中的明灯。但是，不无遗憾的是，钱学森先生以其高瞻远瞩的睿智，深刻地洞察社会产业变革轨迹的超前论述，这种对我国建设具有战略意义的时代的呼唤，并没有引起广泛的共识。原因是，实践活动具有不可取代的品质。任何理论，包括制定的技术路线、方案、计划，也只有步入实践之后，经过实践的验证，有了实施效益和结果，才会启示人们重新认识、评估他们的作用和意义。这种经过实践后得到的认识，是认识上的一个新阶段，是使理论价值得到确定性的定位，是理论的可行性和预见性的最佳注解。

众所周知，在推进第六次产业革命大农业系统建设中，钱老曾对沙产业的发展给予了特殊的关注。他曾预言迎接第六次产业革命的到来，是从“小弟弟沙产业做起”。可喜的是，近二十几年来，东起克尔沁沙地，西至天山南北的荒漠，都有着结合本地实际情况，成功地践行沙产业的案例，展示着第六次产业革命理念的生命力和实践意义。农业型沙产业以干旱不毛之地为发展空间，不追求耕作面积的扩大和地理景观的改变，而是把目标锁定利用充沛的阳光这一独特的资源上，依靠人的智慧和技能支配驾驭固有光合作用条件的盈缺，集约经营占地球陆地表面35%干旱地区的不毛之地，增加人们所需要的食物和营养品。例如，甘肃河西走廊地处干旱荒漠地带，年降水不超过200毫米，廊内农业依靠高山流入的内陆河水滋润形成传统的绿洲农业。近年来随着人口增加，工业发展用水增多，严重的缺水现实制约着人们的生存与发展。在这里率先开始了沙产业的实践活动，采用人工控制环境条件的温室作业（构建适合当地条件的半地下式温棚），用人工调适的水热条件，摆脱“靠天吃饭”的风险，将干旱地区的阳光优势转换成人们所需求的食物和营养品。2008年内河西走廊武威市依托日光温室生产出瓜果蔬菜共60.6万吨，行销到兰州、乌鲁木齐、成都、北京、沈阳、上海等地，部分优质的瓜果蔬菜已进入邻国。人们认识到，干旱荒漠中的日光温室“圆了脱贫致富的梦”，“鼓起了农民的钱袋

子”。随着生产规模扩大，产品进入市场，逐渐使一家一户所有的温棚纳入规模经营，出现新的生产组合。在农业现代化过程中，改变着农村的面貌和农民的地位。20世纪80年代初，钱学森先生在论述第六次产业革命内容时，对沙产业任务目标做过总揽式的轮廓勾画，提出要用解决时代和实际问题作为衡量理念的标准。实践业已证明，农业型沙产业对干旱地区现实发展中的三农问题能够作出深度回应。

钱学森先生关于第六次产业革命的论述，关于沙产业的一系列概念、判断、预言和通过实践活动在干旱不毛之地上所形成的示范区以及多年来与专家学者研讨的理论成果，逐渐形成一个综合性的知识体系。人们能从中获取破解难题的智慧钥匙，也为我们开辟出一个跨学科整合的知识，密集知识的广阔空间。今天，我们置身于创新的时代，一个迎接农业技术革命的时代，让我们认真学习、重温钱老关于第六次产业革命的理论，努力探索、大胆实践，创建农业型知识密集产业，这不仅是时代的需求，也是对一位杰出贡献的人民科学家钱学森的最好的缅怀和纪念。

2012年3月于北京

注释：

[1]钱学森实录，王文华编著，成都：四川文艺出版社，2001年6月，321页

[2]钱学森实录，王文华编著，成都：四川文艺出版社，2001年6月，328页

[3]1984年5月30日致吴健，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，上：0092

[4]钱学森，第六次产业革命和农业科学技术，钱学森文集，顾吉环，李明，涂元季编，北京：国防工业出版社，2012年1月，卷四007页

[5]1986年6月初致孙凯飞（二），钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，上：0249

[6]钱学森，工业革命的挑战和我们的对策，论人体科学与现代科技，上海：上海交通大学出版社，1998年12月，499

[7]1984年5月10日致吕宗耀，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，上：0087

[8]钱学森，新技术革命与系统工程——从系统科学看我国今后60年的社会革命，智慧的钥匙—钱学森论系统科学，上海交通大学编，上海：上海交通大学出版社，2005年，55

[9]钱学森，创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业，沙产业概述，刘恕主编，北京：中国环境科学出版社，2001年3月，14页

[10]钱学森，创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙

业，沙产业概述，刘恕主编，北京：中国环境科学出版社，2001年3月，3页

[11]1986年9月30日致尹润生，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，上：0276

[12]钱学森，我们应该研究如何迎接21世纪，钱学森文集，顾吉环，李明，涂元季编，北京：国防工业出版社，2012.1，卷六246页

[13]1994年6月30日致于景元，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，下卷0930

[14]1995年3月17日致李振声，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，下卷1033

[15]1995年6月14日致于景元、涂元季，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，下卷1062

[16]1995年3月14日致周嘉槐，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008.6，下卷1030

[17]1994年4月5日致余毅，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，下卷0898

[18]1996年2月8日致周嘉槐，钱学森书信，涂元季主编，北京：国防工业出版社，2008年6月，9卷477

[19]1996年2月8日致周嘉槐，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008.6，下卷1030

[20]钱学森，工业革命的挑战和我们的对策，论人体科学与现代科技，上海：上海交通大学出版社，1998年12月，500页

[21]1984年4月10日致唐明峰，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，上：0079

[22]1995年3月17日致李振声，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，下卷1033

[23]2002年12月18日致杨利民、夏日，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，下卷1033

[24]1987年10月14日致余亚纲，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，上：0079

[25]1987年5月13日致唐明峰，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，上：0079

[26]1985年5月31日致张嘉宾，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，上：0166

[27]1996年12月2日致刘恕，钱学森书信，涂元季主编，北京：国防工业出版社，2007年5月，10卷229

[28]1989年10月12日致刘恕，钱学森书信，涂元季主编，北京：国防工业出版社，2007年5月，5卷077

[29]1998年4月11日致刘恕，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，下卷1218

[30]1992年10月10日致刘恕，钱学森书信，涂元季主编，北京：国防工业出版社，2008年6月，6卷490

[31]1995年12月10日致刘恕，钱学森书信选，北京：国防工业出版社，2008年6月，下卷1033

[32]钱学森院士在会见沙产业研讨会代表时的讲话（1994年9月29日），纪念钱学森建立沙产业理论十周年文集，刘恕主编，北京：中国科学技术出版社，1995，3～5页

作者简介：

刘恕（女），研究员，教授。

1960年毕业于苏联列宁格勒林业工程学院。曾任甘肃省副省长，中国科学技术协会原书记处书记、副主席，第八、九届全国政协委员文史委员会副主任，曾为中国环境与发展国际合作委员会委员等。现为中国科协荣誉委员、中国环境保护基金会名誉副理事长、中国生物多样性保护及绿色发展基金会名誉理事长、中国国土经济学会沙产业专业委员会主任。

前瞻性思考，中国“第六次产业革命”

——纪念钱学森提出“知识密集型五大农产业”26周年

董智勇 谢联辉

纪念“十全”科学泰斗、人民科学家钱学森

2009年10月31日 8 时6分，享誉海内外的杰出科学家、我国航天事业奠基人、“人民科学家”钱学森同志安详地走了。国家和人们的悼念活动，久久地持续着。因为这位科学泰斗、共产主义战士的爱国心、民族心，激励着人们追求兴国梦；因为这位享年98岁的科学家、战略家用尽心血，在党的领导下与“战友们”一起开创的“两弹一星”，为建立中国的“天军”奠定了基础；因为他在职期间以深湛的学识和超凡的智慧，在应用力学、喷气推进与航天技术、工程控制论、物理力学、系统工程、系统科学、思维科学、人体科学、科学技术体系与马克思主义哲学等领域，做出了卓越的贡献。

然而，人们却对钱老在“古稀之年”退居第二线后，又倾注20多年时间，倡导中国“第六次产业革命”的思考和探索，知之较少，或缺乏系统的了解。现在事实已经表明，钱学森是一位包括开创“第六次产业革命”思想在内的多领域，做出了巨大贡献的泰斗。今天，我们这些跟随钱老“第六次产业革命”思想的实践者，在我国现代化进入“又一个攸关未来的路口”，就钱老构建农业型的“第六次产业革命”思想基础及发展趋势，做一简要概述，以对“人民科学家”钱学森的深切怀念。

一、构建《农业型产业》的思想基础

上世纪80年代初，担任国防科工委科技委副主任的“人民科学家”钱学森退居第二线后，基于自己对地球表层客体的深刻认识，针对20世纪70年代相继两次发生能源危机引发的世界学术界争辩，用他组织我国航天事业的“处理开放的复杂巨系统的方法”，分析了中国未来经济、社会中至关紧要的能源、人口、资源、环境等发展趋势，于1984年8月20日以《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业》为题，发表了长篇《文章》[1]，提出了全新的“农业型的产业”概念。这也是钱老直面当时学术界争论的有关中国“能源”、“粮食”两大难点、提出的

全新“破解”思路。

1984年12月23日，钱学森又在中国农业科学院第二届学术委员会会议上，又以《第六次产业革命和农业科学技术》为题作了长篇报表[2]。钱老在《报告》中说：“在恩格斯的《英国工人阶级的状况》一书里，我们可以读到他用很大篇幅描绘了18世纪末到19世纪初近60年中，由于蒸汽机、动力和大工厂的出现，英国在工业、交通运输以及农业方面翻天覆地的变化，并且把这样巨大的变化叫做产业革命。从恩格斯的书中，我们可以领会到产业革命决不是说哪一个局部的变化，不是生产技术应用到哪一个方面所引起的飞跃，而是全局性的、整个生产体系的飞跃变化，不只是工业，还有农业、交通运输以及经济关系的变化。如果下一个定义的话，产业革命就是经济的社会形态的飞跃，它是社会形态，是经济方面的社会形态的飞跃。因此我觉得确实有产业革命”。

接着钱老说：“在人类社会历史上，过去出现过哪些产业革命呢？我认为第一次的产业革命是农业、牧业的出现。在1万年以前的原始公社时期，人从完全依靠采集和猎取自然界的野生果实和动物产品而生活的生产体系，转入了发展农业和牧业”；“第二次产业革命是商品生产的出现。大约在3000年前，也就是中国的奴隶社会里，从完全为自给消费的生产，开始为交换而生产，就是商品生产，这对生产关系是一个很大的发展”；“第三次产业革命是大工厂的出现，这是我们经典著作中常说的产业革命，发生在18世纪末的英国”；“第四次产业革命就是更大规模的、全国性的以至于跨国的、全世界性的生产体系的建立。这次19世纪末、20世纪初的变化还是很大的，没有这一次，你不可能想象现在发达国家有这样的一个生产体系”；“‘新的技术革命’，实际上是第五次产业革命的别名，其核心问题就是信息革命，也就是国外讲的信息社会”。钱老接着说：“今天着重讲一讲第六次产业革命，因为它与农业科学技术的关系特别密切。并且中国农村现在有了很大的发展，发生了很大的变化，差不多日新月异，所以我们要作这个思想准备，要预见到第六次产业革命”。

钱老接着说：“什么叫第六次产业革命呢？我认为就是建立农业型的知识密集产业。知识密集型产业，就是把所有的科学技术都用在生产上，靠高度的科学技术的生产。那么，什么叫农业型的呢？农业型的产业就是指像传统农业一样，以太阳光为直接能源，靠地面上或海洋里的植物的光合作用为基础，来进行产品生产的生产体系。太阳光是一个强大的能源，在我国的地面上，每平方厘米每年有120～200大卡的能量，也就是每亩每年接受太阳的能量相当于114～190吨标准煤。这是农业型产业得天独厚的优势。”

接着，钱老就我国传统农业转化太阳能的现状作了分析。他说：由于限于水

和肥料的供应，限于光合作用所必须的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，巨大太阳能只有小部分转变为植物产品。这个比例不到百分之一，常常只有千分之一。就是变成植物产品了，人也不能全部直接利用。就以粮食作物来说，籽实在干产品中还占不到一半，其他60%是秸秆。现在农村往往把秸秆烧了，不能还田，是个损失。

钱老根据传统农业转化太阳能的实际和生物质利用的现状，倡导的“农业型的产业”具有以下鲜明的优势：

这种“产业”，首先是把发展谋略定位在利用植物提高太阳能的转化效率上，以单位受光面积上最大限度地固定太阳能，作为农事活动的最高目标。

其次，把运用“知识密集”的现代化新技术和新技术革命的成果，作为发展农业型产业的内核。主张走出传统，跨行业、跨领域地运用物理的、化学的科学原理，信息革命的成果，新工艺、新材料、新技术，创造植物光合作用和条件，最大限度地利用太阳能。

三是，把提高农业型产业效益的途径锁定为：在利用现代化新技术加工生物质的过程中，尽量插入中间环节，充分开发中间环节的有用产品，包括植物的叶、杆、皮、果、花、汁和相关的动物、微生物等，组织成“一道一道工序配合得很紧密的流水线式的生产”，形成高效的综合、循环生产体系，把单一以籽实作为效益点的粗放传统农业生产方式，转变到以市场机制为导向、以密集型知识为依托的规模化循环产业轨道上来。

四是，主张在现有的16亿亩农耕区（钱老上世纪80年代统计的数据）创建农产业的同时，还要把可以直接“转化太阳光能”的地表，扩展到全国45亿亩林地、43亿亩草原、16亿亩沙漠戈壁、近70亿亩近海和浅海滩涂，利用我国极其丰富的、得天独厚的生物资源，创建新型的林产业、草产业、沙产业、海产业，不仅瞄准具有战略意义的高分子新材料、生物新能源和生物药业、生物饲料业，创建一种生产人们生活必须的粮、油、肉、蛋、奶、棉、丝、胶、茶、药等绿色有机产品的新模式，而且还要在重构中国绿色生态环境的同时，把新型五大农产业的产值提升到占国民经济总产值的相当比例，把农业型产业，建设成中国经济发展中最为坚实的基石，建设成稳定民生的基础，要在960万平方公里的中华大地上，走出一条加速发展可再生物质资料产业化的新路。

由于社会不理解这种前瞻性的产业思想，遇到了冷漠。钱老为了传播“第六次产业革命”思想，首先从宣传和树立“沙产业”理念抓起。1989年10月12日，时任中国科协主席的钱老写信给刚刚调任中国科协书记处书记、沙漠治理专家刘恕同志，要求她写一篇“建设社会主义中国沙业的论文”；1993年2月17日，在刘恕的

亲自策划和组织、在时任人民日报社科教部版面主编、科技组组长谢联辉的密切配合下，得到了人民日报社领导的支持，在《人民日报》上隆重推出了《建立沙产业的思考——钱学森致刘恕信件摘录》，并开办“治沙工程与沙业展望”栏目，先后刊登了访中国科协书记处书记刘恕的《用另一种思维认识沙漠》[3]、访中国治沙暨沙业学会理事长董智勇的《治沙需要科学和智慧》[4]等系列报道，引起国内外强烈反响。一位印尼华侨为表示对“钱学森沙产业”的支持，捐款30万港元。

1993年12月6日，钱老邀请刘恕、董智勇、谢联辉以及涂元季（钱老秘书）朱雪芬（刘恕秘书）一起到办公室座谈。钱老在座谈时，介绍了自己的“第六次产业革命的构想”，同时指出“对中国威胁最大的是森林少，土地沙漠化”。座谈时钱老同意大家提出成立“促进沙产业发展基金筹备组”的建议。1994年9月27日，钱老用印尼华侨捐款的30万港元和自己获得的100万港元奖金，首先正式成立起以刘恕为主任、董智勇为副主任，有谢联辉、涂元季、朱雪芬参加工作的“中国科学技术发展基金会促进沙产业基金”。这是一个“知识密集型阳光绿色产业”的工作平台，以这个平台为接点不断集结的无私奉献的志士，承担着钱老的重托。

二、紧紧把握21世纪相继重叠的三次产业革命

在上世纪“跨世纪”、“迎千年”的90年代中、后期，各国学术界就未来社会发展趋势又展开起新一轮的探讨。

1994年，钱学森等专家学者以《我们应该研究如何迎接21世纪》为题，联合向中央领导同志呈送的万言“建言”[5]，对21世纪经济与社会的发展趋势作了深湛的阐述。钱老说：“可以预料，在即将到来的21世纪，由于信息技术、生物工程和医学、人体科学的发展，将导致相继并在一定时间段重叠出现人类历史上三次新的产业革命，这三次新的产业革命结合在一起，将开创人类社会生产力创新发展的新阶段，它必将引起经济的社会形态的飞跃发展，同时还要引起政治的和意识的社会形态的变革”。

钱老对相继重叠的“三次产业革命”做了如下概述：

当时面临的“以微电子、信息技术为基础，以计算机、网络和通信等为核心的信息革命”，称为“第五次产业革命”。

“以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，到21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因重组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。这次产业命的实质是以太阳光为能源，利用生物（动物、植物、菌类）、水和大气，通过农、

林、草、畜、禽、菌、药、鱼，加上工、贸等，形成新的知识密集型产业”，这就是包括农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业在内的“大农业产业”。钱老把这种新型的大农业产业，称为“第六次产业革命”。

“人体科学（包括医学、生命科学等）在21世纪将有巨大发展。人体功能的提高，将使生产力三要素中最重要、最活跃的劳动力素质大大提高，其影响将渗透到各行业，这无疑又将引发一次新的产业革命”。钱老把这场将引发的革命称为“第七次产业革命”。

回顾我国改革开放30年的进程已经证明：在抓紧积极“补好第四次产业革命课”的同时，紧跟世界第五次产业革命发展趋势，已经谱写出中华民族顽强奋进的壮丽史诗：1978年曾一度经济濒于崩溃边缘的中国，到2009年经济总量跃至世界前几名、世界银行成员国排序我国在债权国中“排行老三”、进出口总额位居世界第二。

钱老预言：在21世纪还将继续飞速发展的第五次产业革命，不仅在改变着人们的生产方式和工作方式、大大提高物质生产力方面发挥作用，还将推动思维科学的发展，改变着人们的研究方式、学习方式、生活方式和娱乐方式，这是一次旨在“最终消灭人类历史上形成的体力劳动和脑力劳动的差别”的产业革命；而与第五次产业革命叠现的第六次产业革命，“主要不是发生在大城市，而是发生在农村、山村、渔村和边远荒漠地带”，这是一次旨在“消灭几千年来人类历史上形成的城市和乡村的差别”的产业革命，它将大大促进人与自然之间的协调发展，也将实现人口、经济、社会、资源和生态环境的协调发展，使中国快步进入可持续发展的新阶段；第五、第六两次产业革命的相辅相成，必然为“涉及人民体质建设”的第七次产业革命奠定基础。

1995年2月27日《人民日报》（科学园地版）发表了记者谢联辉的两篇访谈。一篇是钱学森同志从“奋斗一百年建立沙产业”、“要有适合机制的组织”、“沙区是新食品原料的开拓地”三个方面，谈《建立新机制发展沙产业》的新思想；一篇是刘恕同志谈《跨世纪的沙区开发工程》；接着，刘恕、李建树、田裕钊、谢联辉、徐国昌、申元村署名，于1995年9月提出了《关于发展沙产业振兴大西北的建议书》，刊登在人民日报社11月编印的《情况汇编》。

1995年9月，曾任中共中央政治局常委的宋平同志，听取了刘恕同志有关钱学森沙产业理论的介绍后说：“钱老是大科学家，了不起的科学家，对中国人民有杰出的贡献。钱老思考的事都是大事，是重要的事。”1995年11月，宋平在甘肃省视察“沙产业”示范基地时强调：“要辩证地看待（沙漠干旱区）优势和劣势，要利用现代科学技术，发挥阳光充沛的优势，克服缺水的劣势，积极开发沙产业。沙产业是在沙漠干旱地区利用现代科学技术，充分利用阳光优势，实行节水、节能、节

肥、高效的大农业型产业。”并指出，“甘肃要脱贫，要缩小东西部的差距，发展农业型的沙产业应是一条好的路子。因为这里发展沙产业的条件比较好，所以我们要坚决走这条路。”

温家宝同志1995年11月9日在一个文件批示：“钱学森同志和宋平同志提出，在我国西部戈壁沙漠发展沙产业，这些重要的理论和意见值得重视。一些地区的成功实践充分说明，办好这件事不仅有经济意义，而且有社会和生态意义。”

1995年11月9日，时任国务院副总理的姜春云给有关部门批示：“这项产业（沙产业）的开发应予支持”；接着又在11月12日人民日报社的《情况汇编》刊发的两期“关于发展沙产业振兴大西北的建议书”——《河西走廊绿洲农业显出勃勃生机》、《选准缩小东西部经济差距的突破口》上批示：“两份材料所载专家关于沙产业开发建议值得重视，如能由点到面搞起来，意义重大，应予扶持”；1997年3月，姜春云又在农业发展银行关于支持沙产业建议书上批示：“抓得好，支持沙产业意义重大，也大有可为，应加大工作力度，以取得更大成效”。[6]

胡锦涛总书记2008年1月19日看望钱学森时说：“前不久，我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察，看到那里沙产业发展得很好，沙生植物加工搞起来了，生态正在得到恢复，人民生活水平也有了明显提高。钱老，您的设想正在变成现实。”

三、以科学发展观为指导，迎接“第六次产业革命”

1994年，在中国改革的关键时期，钱老曾直接向中央领导同志提出了“我们应该研究如何迎接21世纪”的警言。他认为：“每一个关心国家和民族未来发展的中国科技工作者，都应关注和思考如何迎接21世纪的问题。不仅要研究在这段历史时期科学技术可能出现哪些重大的突破和发展，而且还要探索这些科技发展作为第一生产力，对现代中国将产生哪些重大影响和作用，从而使我们对迎接21世纪有充分的思想准备。”[7]

1995年3月，时任全国政协副主席的钱学森同志在一封书信中这样写道：“我总记得前全国政协副主席王任重讲过的一句话：共产党员嘛，不能只想到五年、十五年，要考虑五十年、一百年！他教导我们要有远见！因此我想对我国农业，不能就为15亿人口，要想想中国人口到了20亿、30亿怎么办。也就是这个原因，所以这几年来我一直在宣传第六次产业革命。”[8]

这是科学家的责任，这是共产党员的信念。在钱老担任全国政协副主席、中国科协主席十多年期间，以“参政”、“议政”的形式，先后就“中国农业产业化问题”以“报告”“论文”等多形式，系统阐述了自己的“设想”；写过上百封书

信，给当时国务院负责农林口的领导同志和相关部门的领导同志“建言”、与相关专家学者推心置腹地“切磋”。在钱老这种精神的感召下，人们敬仰的政治家、经济学家宋平同志亲自为钱老的第六次产业革命思想“摇旗呐喊”；一批又一批专家、学者、教授、记者、干部、企业家、离退休人员、学生以及农区、林区、草原、沙区的农民，集结在钱老周围，对“第六次产业革命”思想进行了不懈的探索、实践。

今天，我们把经过20多年的努力，已经彰显出破解我国“三农”难题的潜力，从“二个方面”凸现出开创21世纪“三农”工作新局面的“六个拐点”，以及展现出的“变革趋向”、“发展愿景”，做了一些梳理，在表示对钱老崇仰的同时，希望能给中国21世纪第六次产业革命的发展有所推进。

第一个方面：产业思维方式的变换

拐点一：以化石能源为主体转向以阳光能源为主导

变革趋向：把解决中国能源问题，放到紧紧依靠“植物光合作用高效转化太阳能”的基点上。

1859年，美国打出世界第一口油井。由于石油不仅是一种优质燃料，而且是轻工和化工的重要原料，19世纪中叶出现了石油工业；从20世纪50年代开始，世界进入石油大规模开采期，1960年石油产量已达104800万吨，1970年猛增到225400万吨；1900年至1973年的70多年间，属“石油廉价期”，每桶原油价格在1.8美元以下。上世纪50年代至60年代初，日本能源消费中石油占50%左右，1965年达到58%，1970年达到77.6%；与日本一样，美国、西欧诸国和当时的苏联，均借助于这一时期的廉价能源优势，极大地推动了“国家以至跨国大生产体系”的建立。与此同时，从美国1892年应用世界第一台拖拉机开始，一种以石油资源为动力的农机、化肥、化学合成农药等新型“石油农业”得到快速发展[9]。钱老把世界这一时期在西方发达国家兴起的国家和国际产业组织体系以及产业发展态势，称为历史上的第四次产业革命。

然而，依托这种不可再生的化石能源快速兴起的“辉煌”，在1973年、1979年出现两次能源危机之后，世界石油价格戏剧性地每桶突破30美元。受到高出十多倍的能源价格猛烈冲击，科技学术界在上世纪80年代初期，引发了对未来发展趋势“悲观”与“乐观”的争辩。钱老在1984年，站在世界产业革命发展大趋势的视角，根据中国的国情，果敢地提出了“以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用来进行产品生产”的中国第六次产业革命构想；而且把重视不重视“将在中国21世纪出现”的第六次产业革命，提到我国能不能避免重犯“50年代末至70年代中期

的挫折和错误”的高度来认识。从目前每桶原油价格曾多次迈过150美元大关，而且还有猛涨的势头来看，钱老的预见是有远见的。

发展愿景：这是一种产业思维方式的大转折。这种思维方式的转折，为中国应对高价石油时代经济持续发展，奠定了基础。

拐点二：以村寨为中心的狭小种植空间，转向更大的五大产业天地

变革趋向：打破几千年小农经济的禁锢，重新审视中国接受阳光的农田、林地、草原、海洋、沙漠五大类型地球表层，极大地开拓第六次产业革命的发展空间。

钱老常常“如数家珍”：我国农田类农业面积16亿亩，林业面积可达45亿亩，草原面积45亿亩，近海面积70亿亩，沙漠和戈壁面积16亿亩。他说：“从18世纪末19世纪初在国外的那一次产业革命都是在集中利用煤、石油、天然气，现在利用核能”，而对最大能源太阳能未能充分利用，一年中太阳光辐射到我国960万平方公里的土地上的能量相当于16000亿吨煤，“现在的问题是大量的浪费了，就是说太阳能没有得到充分利用，作为低温辐射，又到太空了，人没有用到”。他主张到极大的空间去，利用太阳光发展大农业。所以他曾不厌其烦地向国务院分管农林口的主要领导同志多次“建言”。他曾用恳请的语言说：“我国林业、林产业问题十分严重；我们已犯了两千年的错误，把绿色的祖国大地摧残到今天的模样！国家一定要采取有力措施，不然农业生产也无法保证”；有次他转述一位老农业科学家的意见：“60亿亩草原地比耕地大四倍，是我国极大的一笔财富；可惜现在已沙化20亿亩，如不大力抢救利用，是我们的罪过”；有次直言指出：现在我国全部森林面积到1991年才19.3亿亩，“太少了。为了改良我国生态环境，森林面积应占国土面积的30%以上”；还有次“建言”：我们的农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业，“看来就缺国家的指导与帮助了，没有领导的组织是不行的；而这必须是高层次的领导，因为这项工作超出全国性统一安排下达的任务”[10]。

发展愿景：这是对中国未来农业型产业蓝图的总体构想。在这一构想的驱动下，相当多的农民将要走出依山扎寨、傍水建村的小农经济天地，到更大的空间谋求更大的发展。可惜这种前瞻性的构想，被冷漠处理。

拐点三：以粮食、树干效益为主要取向，转向以植物叶、皮、果、花、枝、干、汁等整体效益为取向

变革趋向：有效地组合多学科技术，利用植物、动物、微生物等建立多层次开发生物质循环利用的生产体系，追求生物质综合加工效益的最大化。

绿色植物是一个天然资源宝库。钱老认为：“要提高农业的效益，就在于如何

充分利用植物光合作用的产品，尽量插入中间环节，利用中间环节的有用产品。例如利用秸秆、树叶、草加工成配合饲料，有了饲料就可以养牛、养羊、养兔，还可以养鸡、养鸭、养鹅；牛粪可以种蘑菇，又可以养蚯蚓。养的东西都是产品，蘑菇供人食用；蚯蚓是饲料的高蛋白添加剂，它们排出的废物也还可以再利用，加工成鱼塘饲料，或送到沼气池生产燃料用气"；"我们的产业是要高效益地运转，产业的组织结构又非常复杂，一层接一层，一环扣一环，非常严密，容不得半点差错，生产组织指挥是用电子计算机计算的"；"不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产"。[11]这是钱老构建的"多次利用循环"的高效生产体系。

发展愿景：这是倡导建立起一种新的生产体系。它将为我国可再生能源、高分子材料、生物医药、生物食品等多种绿色产业，培育出新的增长点；这种农业循环产业经济的效益，才有可能在国民经济总收入中占到应有的地位。

第二个方面：产业生产方式的变换

拐点四：落后的农林技艺种植方式转向知识密集型产业方式

变革趋向：以生物质高产性、生物质加工产品高效性为目标，密集第四次、第五次产业革命的科学技术成果，创建以生物质综合利用为对象的大产业。

到目前为至，固定太阳能的工具主要还是附着于生命体上的叶绿体。它的结构最灵巧，功能最神奇，有难以取代的高效功率，又可以依靠自然的生命力自我更新、自我复制。可惜因受制于各方面条件，太阳能通过光合作用转化为植物产品的部分仅为1%、1‰。怎样提高叶绿素光合作用的效益？钱老一开始就锁定在依靠"知识密集"上。他对"知识密集产业的概念"做过这样的描述："我们一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代化科学技术，包括新的技术革命成果，都用上了。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水式的生产。这就是农业型的知识密集产业。"

钱老对"知识密集"基础做过这样的分析：20世纪"70年代末80年代初，相继出现的重组DNA技术、动植物细胞大规模培养技术、固定化酶（或细胞）技术等现代生物技术，开创了工农业生产发展的新途径，为人类解决当今所面临的食物、健康、能源、资源和环境等一系列重大问题提供了强有力的技术手段。"他断言："以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，到21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因生组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。"

所以，钱老认为：知识密集型的阳光产业模式，“已经不是传统的农业了，其特点是以太阳光为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产，是生产体系，是一种产业”；钱老主张走出传统的发展方式，跨行业、跨领域地运用物理的、化学的科学原理，信息革命成果和新工艺、新材料、新技术，最大限度地利用太阳能；他提出要在吸取全世界的先进经验和科学技术的同时，组织我国自己的力量，包括各高等院校、各科学研究机构，中国农业科学院、中国林业科学院、中国科学院、中国社会科学院等，对产业化过程中的难题共同攻关。

发展愿景：运用系统工程理论，根据种、养、加、产、供、销等“一条龙”的高效产业化需要，发挥交叉学科攻关能力，密集组合现代科研成果，创建具有一定规模的产业体系。

拐点五：温饱型的分散村寨生产方式转向产业化庄园型集团运营

变革趋向：优化组合现代科学技术，拓广劳动对象，以集信息、金融、管理、科技、生产，加上工、商、贸于一体的集团公司体制为依托，创建规模化产业庄园取代小规模的传统村寨农林生产方式。

钱老分析：“经过多年来的发展，生物技术在农、林、牧、渔业、医药工程、轻工食品等领域，都有了很大发展，取得了一批重要成果，有些已应用到实践之中”。比如农业部门，“用生物技术产生新的动植物品种，提高粮食和肉、鱼、奶的产量和质量，如培育蛋白质含量高的小麦新品种；抗病、抗虫和富含高蛋白的蔬菜新品种；耐旱、耐盐碱且含高蛋白的牧草新品种；培育抗病、抗寒新鱼种及高级牛、高级羊（羊毛质量高）、超级猪和鸵鸟等等”；又比如林业部门的“工业人工林”，这是森林种植中的一项技术革命，“说技术革命是因为它采用多方面的科学技术使单位面积木材产量在单位时间内翻几番，是一个技术引起的飞跃，不是什么整个经济结构（或经济的社会形态）的飞跃。但工业人工林技术不是我说的知识密集林产业的全部，只是一部分。原因是还未包括深度加工和综合利用。将来真正做到知识密集的林产业了，经济效益还会翻几番”[13]。

钱老认为：“‘农业产业化’一词实际是指农业作为第一产业向现代化的第二产业转化，所以在将来人类社会历史上起过重大作用的第一产业会消失，变为农、工、贸一体化的现代化的大企业”；他断言：以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程推广和应用，到21世纪将引发一次新的产业革命，“这次产业革命的实质是以太阳光为能源，利用生物（动物、植物、菌类）、水和大气，通过农、林、草、畜、禽、菌、药、鱼，加上工、贸等，形成新的知识密集型产业，即开创大农业产业，它包括农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业。这不仅是劳动对象拓

广，而且还将以集信息、金融、管理、科技、生产，加上工、商、贸于一体的集团公司体制运作。”[14]

所以，钱老指出：“第六次产业革命的重点变革在于生产组织，大规模的集团式经营；换句话说第六次产业革命是直接利用第四次产业革命的成果——集团式公司组织，于‘绿色农业’（农产业、林产业）和‘蓝色农业’（海产业）”；“第六次产业革命是主要把第一产业改造成为第二产业。让第一产业（小规模的农林业）从历史上消失”。[15]

发展愿景：传统、落后的中国农林第一产业将从历史上消失；以“国家计划”扶助的“家庭”农林生产方式，将被“密集”现代科技大规模集团式经营的产业化庄园所替代。

拐点六：以粮食、建材为主体的农林计划经济转向农、林、草、海、沙五大产业生物质产品类型极为丰富的市场调控经济

变革趋向：人们通过密集知识的途径，在农业型五大产业可以获得丰富的粮、棉、丝、肉、蛋、奶、茶、油、胶等产品及可再生的能源、建材、纸浆等资源，满足人们衣、食、住、行、用等多形式需要。

钱老说：“我国农业面临的大问题是用现代市场经济和现代科学技术改造传统农业，也是坚持社会主义产业的‘两个转变’”。[16]他认为：“整个经济进入到发达的社会主义市场经济阶段，这将是一个完善、灵活和充满生机的体制。宏观上国家调控，微观上是集团公司管理和经营。为最大限度地满足人民的需要，不仅要跟踪市场，还能把人民潜在需要明朗化，并与各种高新技术相结合，以更新的产品去创新市场。这就是说，在创造生产力阶段，生产不仅具有快速、准确跟踪市场的能力，而且还有超前预见去创造市场的能力”；“中国发达的社会主义市场经济，生产的数量、质量、速度和效益都将大大超过我国的过去，也将高于其他国家，走在世界的前列”[17]。

钱老还对未来社会的需求做过这样的描述：“民以食为天，这个伴随人类生存的重要而又不可或缺的问题，到了21世纪，随着第六次产业革命的到来，也将发生革命性的变化，即饮食革命。由于人体科学的建立和发展，将能确定人在不同年龄、不同性别、不同生活条件下的合理营养需求结构。再加上生物技术大大拓广的饮食原料，完全可以运用营养科学设计出各种人所需要的多种多样的饮料和食品，并采取工业生产方式加工生产，形成真正的快餐业。所谓快餐业就是烹饪业的工业化，即把古老的烹饪操作用现代科学技术和经营管理技术组织得像大规模工业生产那样，形成烹饪产业（cuisine industry）。其运作方式是从原料的生产、初加工到精

加工，加上与之相关的供销渠道、以及相辅的金融业等结合在一起，形成配套运转的企业或公司集团。这就是21世纪的饮食产业，是人类历史上有关‘吃’的一次革命，是第六次产业革命的深化和发展。”[18]。

发展愿景：中国在21世纪，必将开拓一个食品丰富的世纪；必将在地球表层营建一个人类理性支配自然、包括支配自己的世纪；必将在世界的东方创建一个天、地、人和谐发展的世纪。

四、以科学发展观为指导，迎接“组织管理革命”

1991年10月，在国务院、中央军委授予钱学森院士“国家杰出贡献科学家”荣誉称号仪式上，钱老说：“我认为今天的科学技术不仅仅是自然科学工程技术，而是人认识客观世界、改造客观世界整个的知识体系，这个体系的最高概括是马克思主义哲学。我们完全可以建立起一个科学体系，而且运用这个科学体系去解决我们中国社会主义建设中的问题”。他说：“我在今后的余生中就想促进一下这件事情”[19]。

“系统工程是处理复杂组织管理工作的现代化科学方法”。钱老在1995年1月呈送给中央领导同志的《建言》中说：“技术革命以及它所引发的产业革命，对组织管理问题提出了更高的要求。形象地说，这犹如随着硬件的革新，计算机技术的发展，必须有相应的软件跟上才行。系统科学是本世纪中叶兴起的一场科学革命，而系统工程的实践又将引起一场技术革命，这场科学和技术革命在21世纪必将促发组织管理的革命。”[20]

钱老把二十世纪六七十年代“我国首先在航天领域倡导系统工程的组织管理，并在实践中取得成功”的经验，推广到社会，提出了社会系统工程的概念。随着“产业思维方式”、“产业生产方式”的“硬件变革”，钱老在第六次产业革命的社会组织管理“软件”方面，设计出了以下四个与之相适应的“变革”[21]：

第一，管理体制变革：农业部、国家林业局的政府计划职能转向农、林、草、海、沙五大产业部门的协调管理职能。

变革要点：改革我国农业型产业组织管理体制，清除掣肘农业、林业、草业、沙业、海业健康发展的错综复杂的内部关系，从根本上理顺五大产业发展的国内管理环境。

1. 变革背景：我国解放60多年来，尽管国家对“三农”很重视，采取了许多优厚的扶助、免税等政策，但从根本上未然摆脱“竭泽而渔”的传统管理方式。“以粮为纲”的农业，至今并未从根本上解决中国人的口粮；以种树伐木为主要任务的

林业，加剧了生态灾患；以渔业为主体的海湖水域，由于过度捕捞，鱼越来越小、越少；由于牲畜超载，草原在一天一天地衰退。虽然借助国家财力强化了生态环境建设，但“为渔”而“竭泽”的功利本能没变，所以生态环境总的趋势在退化，土地沙漠化问题依然严峻，沙尘爆依然年年肆虐逞性。钱老面对传统管理方式导致的无序态势，发出“掠夺得多，建设投入得太少”的感慨！

2. 变革必然性：钱老曾多次直言不讳地说：我国生物质资源“浪费太厉害了，效率太低了”，农区大量秸杆烧掉了，林区价值几百亿、上千亿元有价值的落叶、落果、枝杈等不仅未然开发出产品，而且成为污染环境的“垃圾”。钱老认为，现在农业部门真正注意到的“只是种庄稼、种棉花，地地道道的农业我们抓得很紧，至于说其他类型的利用太阳能，通过生物的生产，我们重视得还很不够”；“林业政策不符合中国国情”、“国家林业部要‘换脑筋’”（信P105）；现行的农业、林业等部门的管理职能很不适宜产业化的需要，农牧渔业部要有个畜牧局，林业部门也要有个畜牧局，可以利用每年大量的树叶、枝杈、桔杆等加工成饲料，可以进行产业化的综合开发。

钱老曾犀利地分析过传统管理方式的弊端。1990年3月他在全国政协科技委会议上说：“前几年，造纸学会与林学会联合建议要搞林纸结合，可是很多同志清楚，搞不起来，不是因为中国人笨，而是造纸在轻工业部，森林归林业部，光靠林业部能行吗？”；钱老还曾多次说到“长江中上游防护林建设问题非常复杂”：因为“这决不仅仅是林业问题，它涉及的面非常广，水利、农业、财政、商业、国土、环保、能源、以及铁路、交通等部门都涉及到了”，“是一个层次复杂多变的林业工程”。钱老一针见血地说：“阻碍中国发展的一个“重要原因就是生产、社会管理上的问题，也就是经济体制和政治体制的问题[22]。”

钱老说，我国要发展农业型新产业，“根本问题是国内的环境”，一定要排除“非常错综复杂”的“内部关系”，建立起全新的经济管理“体制”。他认为：“我国还不了解林产业在社会主义建设中的应有位置，不了解再这样下去是要犯大错误的！这决不只是国有林业的问题，9.7亿亩的问题，甚至也不只是全国17.3亿亩森林的问题，要看到可能的45亿亩。历史上的林区不是早已不见了吗？我们不是因此受害吗？”“林产业对社会主义建设的重要性决不亚于农产业，为什么我们总只讲农业，不提林业？六届人大五次会议的政府工作报告，农业位置显著，而林业呢？”[23]国家强调农业是“立国之本”，林业、草业、沙业、海业也应该是“立国之本”，发展农业型产业，一定要摈弃种种阻碍产业化的弊端，变革传统的经济体制和管理体制。到21世纪，应该成立农产业部、林产业部、草产业部、海产业部、沙产业部，而且要依靠密集知识，使每一个产业部都能达到几千亿元、几万亿元的

产值规模。

3. 变革建议：根据钱老的设想，建议由农业部负责筹建农产业部、草产业部，国家林业局负责筹建林产业部、沙产业部，国家海洋局负责筹建海产业部，在赋予新职能的五大农产业部正式运行后，传统的农业部、国家林业局应该被取代；国家有必要把筹建五个产业部的“计算机产业系统工程”，现在就纳入国家的十二五规划，以根据各自产业的需要，组织力量采集地理、气象、环境、生物以及人口、经济、社会等多方面信息，供产业化的总体分析、总体论证、总体设计、总体规划、总体协调。

变革优势：五大农产业部可以根据不同地理环境、气候条件、种群分布及经济、社会的实际，分别对全国18亿亩农耕区、45亿亩林区、43亿亩草原、70亿亩沿海区、16亿亩沙漠区，进行产业化管理。

第二，组织形式变革：现行的农户对农地、林地分散的承包制转向由五大产业部统一协调下的开放性生物质产业股份庄园制。

变革要点：由五大产业部分别协调，有国家保监会、集镇政府、产业科技团队和具有交叉学科优势的中国老科技、老教授协会和国杰老教授研究院等公益性社团参与，招聘职业经理具体运营，创建以农村劳力为主要对象的村寨产业庄园。

1. 产业庄园规模化是五大农产业的基础。钱老在谈到林产业时强调：“林业知识密集产业不是农业区中有片林子，那不叫林业产业，林业产业需要一定规模，如有约一万人口。规模小了形不成特色的知识密集产业”[25]；钱老还说，“发展这类产业体系，我想有必要考虑在不同地区、不同自然条件，设置试验点，调集科学技术力量，创造经验，开辟道路”[26]。

钱老倡导的设计：每个产业部在规划产业庄园过程中，一定要紧紧抓住因地制宜、有一定规模、先试点后建园、产业链知识含量高、生物质产品有市场需求、附加值高等几个要素。

2. 产业庄园采取集团公司的管理经营模式。钱老认为，我们“从前习惯了的一套管理叫微观管理，计划经济已管到每一个厂里去了。实际上，这是一种很落后的管理方法，完全的微观管理。而今天，这么复杂的经济体制，再用微观管理办法，是不行的”[27]。

借鉴钱老的思想在探索中创新：宏观上由国家产业部调控，微观上采取集团公司管理。分别成立有产业部、国家保监会、集镇政府、产业科技团队、中国老科技协会、中国老教授协会和国杰老教授研究陆院等公益性社团派员参与的董事会、监事会，拟订“目标责任制”，公开招聘职业经理具体经营，创建一种“分工明

确”、“责、权、利明细”的社会系统工程体系。

3. 创建产业庄园的资金来源。钱老在1984年就说到：“创建五个类型的知识密集产业，涉及到中国的八亿人，总投资大约要几万亿到几十万亿，资金从何出？”[28]种树、种田长期靠财政“补贴”、“优惠政策”不能解决产业化的根本问题；知识密集型的农业型产业不仅有借贷的偿还能力，而且有丰厚的利润。据此，钱老曾提出过“怎样利用国际金融资本”的问题。

借鉴钱老的产业思想在探索中创新：现在国家投资发展资金比较充足，据报道我国保监会有“1.5万亿保险资金在找出路”[29]；“到2020年，中国养老保险基金滚存将在10万亿元以上，但近年来中国养老金账户投资的收益率不到2%，而在过去9年里，CPI平均为2.2%，面对高于收益率的CPI，社保基金受到通胀的巨大侵蚀”[30]。这就给农业型五大产业与中国保监会建立“双赢互动”关系留下了巨大空间，既可以把“民生”最为敏感的“养老防病保险钱”与“生存”基础的“第六次产业革命”紧紧联系在一起，促进农业型五大产业的快速发展；又能在确保保监会资金安全增值的同时，强有力地推进农民保险事业。

4. 培养和组建知识密集的产业科技团队。钱老曾再三强调：“我们一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代化科学技术，包括新的技术革命的成果，都用上了”；“要充分运用自然科学、社会科学、工程技术，以及一切可以运用的知识”；“科学研究工作的一个大课题是对生物资源的全面调查研究，因为农业型的产业是靠生物来完成生产任务的”；“要从定性观察过渡到定量观测。这是因为我们的产业是要高效益地运转的，产业的组织结构又非常复杂……，这就要求生产过程要精确地定量，不能只是定性”；“科学研究中的又一大课题是发展新技术革命的生物工程技术，如细胞工程、酶工程、遗传工程等，为农业型的产业服务，也就是大大提高生物生产的效益和对生产有用的生物功能，以至创造新的生物”；“要在吸取全世界的先进经验和科学技术的同时，组织我国自己的力量，包括各高等院校、各科学研究机构，中国农业科学院、中国林业科学院、中国科学院、中国社会科学院等来共同攻关”。

借鉴钱老的产业思想在探索中创新：整合国内外适用科学技术，为五大农业产业化提供“一条龙”技术服务；充分、有效地利用国家科研经费，组织科研人员瞄准产业化过程中的难点、难题组织攻关；建立效益定期评估制度，实行严格的科研成果“优胜劣汰”产业上岗制，建立高效科研成果转化“绿色”直通渠道。

5. 为产业化建设一支权威的策划、监察、评估知识团队。钱老认为，由于人民群众，特别是农民“限于知识和文化水平”，在运用社会系统工程方法过程中，一定要有“内行专家的建议”，要有“国家的‘智囊团’式的咨询参谋团体”，要组

织社会高层次智慧人才参与决策。[32]

借鉴钱老的产业思想在探索中创新：完全可以根据中央办公厅、国务院办公厅2005年2月批转的8部委《关于进一步发挥离退休专业技术人员作用的意见》的精神，把开发老年高智力人才，作为推进“知识密集型五大农产业”发展的人才战略重要举措。中国老教授协会、中国老科技工作者协会汇集了全国55岁以上几十万高智力人才，具有跨部门、跨领域的交叉学科知识优势，可以借助这两支权威性的特殊队伍，通过计算机工程系统等手段，参与知识密集型产业化的“策划”，建立产业化“监控”“监管”和“评估”交叉互动服务机制，对产业化过程中的“货币资本循环”“生产资本循环”“商品资本循环”全程监察，对每项技术的“绩效”、每个产业链节的“效能”、甚至每个人的“工效”，分别进行公正的“定量分析”，公平地确定参与产业化各方的“效益”及“股权”。这种从组织结构上就力求避免“监管”“评估”同体性、亲缘性的机制，有利于从源头上杜绝滋生“灰色体”“腐败源”，可以有效地把有毒有害食品、低劣药源消灭在萌生过程中，可以为创建中国绿色品牌打下良好基础，可以建立起科技成果“优胜劣汰”上岗竞争机制，可以建立起一种真正的人才培训机制，为中国的产业化开创一条“清明”新路。

6. 充分发挥集镇政府对产业庄园“保驾护航”功能。钱老一直强调：中国的第六次产业革命，“发生在农村、山村、渔村和边远荒漠地带”；“知识密集的农产业据点是集镇”；要让汇集产业庄园中心的集镇取代传统的乡镇，“需要通过试点，创造经验”；要通过以五大产业为核心的第六次产业革命，“把第一产业（小规模的农林业）改造成为第二产业，让第一产业从历史上消失”。[33]

借鉴钱老的产业思想在探索中创新：产业庄园的建设，是一个以“集镇功能”为依托的“社会系统工程”。所以，一定要充分发挥集镇基层政府的“人民代言”“人民公仆”“代表人民利益”的特殊作用[34]。集镇政府要把维护农民利益，当作首要工作；要设置专职机构，按政策负责把承包给农户的林地、农田流转集中，入股于产业庄园，并根据党的政策把土地分红的金额公开落实到农户；要根据劳动市场需求，开办职业学校，负责农村劳动力的培训，为产业庄园及集镇、城市输送有一定技能的劳工；要建立公检法队伍，维护产业庄园生产正常工作和集镇的治安；要用好国家社会发展资金，大力发展交通运输业、教育文化事业、商品流通业；要强化城乡产品市场的流通和城镇生活服务设置的建设，特别要重视发挥产业庄园和大中城市周边集镇的优势，开展有特色的老年服务和旅游等项目。

变革优势：把农民作为重要组成部分，真正纳入社会系统工程，实现中国社会组织管理真正的革命；真正让农民成为推进劳动资料进步、劳动对象拓广、劳动者素质提高的生力军，彻底解决中国的“三农”问题。

第三，城乡结构变革：把快速城市化态势引向城乡协调发展轨道。

变革要点：顺应中国国情的特殊性，走出一条“城市同农村同时建设，城市同集镇协调发展”的新路。

变革背景：回首近百年资本主义飞速发展历程，美国、日本和西方经济发达国家在及时把握“廉价石油”机遇期的同时，积极推进“城市化”、“开拓国际市场”，使第四次产业革命（国家以至跨国大生产）的成果，在“城市化”进程中发挥了巨大的“集聚效应”。中国经济发展失去了“廉价石油”机遇期。钱老在强调中国要对第四次产业革命“补课”的同时，就中国未来发展方向作了精辟阐述：“我越来越感到农业和农村（镇集）在我国社会主义建设中所占的位置是非常重要的，而现在我们拟订中的规划计划对此认识很不够，老一套的多，有眼光的少”[35]。

借鉴钱老的产业思想在探索中创新：“农业产业的据点是集镇，大约万人左右；其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归。其他生产、粮食的深度加工、食品工业都在集镇。集镇是生产和文化教育中心，盖楼房少占地”；“历史上，资本主义社会形成中是破坏农村、建设城市，人口涌向大城市。我们今天要走城市同农村同时建设，城市同集镇协调发展的道路”[36]。这是钱老综合分析关系我国生存与发展的人口、资源、环境、能源、粮食等问题后，睿智的判断。

变革优势：“走城市同农村同时建设，城市同集镇协调发展的道路”，将引导中国经济社会发展格局发生深刻变革，将在全国经济发展战略筹划方面发挥特殊的作用。

第四，经济布局变革：经济版图区划由省、区行政规划为主体转向以特大城市、大城市为中心的超大经济区发展模式。

变革要点：充分发挥“环渤海”“长江口”“珠江口”“海峡两岸”等中国周边区域的大城市“集聚”“协同”效应，重构中国面向国际市场的“开放型”的经济圈。

1. 变革的必要性：在一次学术报告中，钱老说到自己1987年去英国和西德作过的一次短期访问留下的深刻印象：“我们中国还穷”。他用一组数据作了说明：“我们的广东省跟联邦德国在面积和人口上都差不多，广东省的面积是21.2万平方公里，联邦德国面积是24.9万平方公里；人口呢？广东省（前几年吧，因为我没有今年的数字）近年的人口数是6075万，联邦德国人口是6143万。所以，就面积和人口讲，广东省和联邦德国差不多，区别在哪儿？区别就是国民生产总值。按国民生产总值这个口径来算，那么广东省前几年大概是300亿人民币，折合成美元大概是80亿美元；而联邦德国是14000亿西德马克，折合美元大概是7600亿美元。按照这个比例，如果广东省是1的话，联邦德国就是93，也就是说大概联邦德国要比广

东省阔100倍。再有就是国家来比了，按照世界银行在1987年4月6日公布的1985年国民生产总值的数字，你也可算出人均国民生产总值。这样算下来，如果中国是1的话，那么意大利是20；英国是27；法国是30；西德是35；日本是36；美国是53（1985年）。这一点，大家应该记住：中国穷，认识到这个穷是很重要的。”[37]直到23年后的今天，在我国经济快速的发展今天，重温钱老的“警句”，仍有“振聋发聩”之感。

2. 变革趋势分析：钱老对中国的发展很自信。他说：“21世纪的社会主义中国将是什么样的国家？首先是消灭贫困，人民进入共同富裕；然后要考虑到两个产业革命的巨大影响；一是信息革命，即第五次产业革命……二是农业产业化，即第六次产业革命，使古老的第一产业消失了，成为第二产业”；将来，“农村转化集中成为小城镇。这样我国人民将都住在城市：全国大多数人住在小城镇，大城市是少数。上千万人口的特大城市，全中国有几个而已。”1985年8月，钱老在《关于建立城市学的设想》中提出：“我国城市的体系可分为这么四个层次，最小的是集镇，数目最多，有几万个；往上是县城，有1000～2000个；然后是中心城市，人口几十万人，全国有百十来个；最后是大城市，人口在100万人以上，全国有20～30个。如果说还有第五级，那就是首都。所以城市学要考虑的问题，必须包括现代科学技术的发展，生产力的发展，我国逐步走向从集镇到大城市的城市结构”，“要研究整个国家的城市问题，整个国家的城市体系，有体系就有结构，这个首先要搞清楚”。[38]

3. “经济圈”协同发展的优势分析：有关城市功能问题，钱老认为：“今后我们城市的发展还有一个专业化的问题，就是同一级的城市也不见得完全一个模式”，“我想将来一定还会有其它专业城市，比如有科学城、金融城、旅游城等等。所以从现代社会的发展来看，城市不是一种模式，而是可能向专业化的方向发展”。“为什么要这样来研究城市的问题？这就是系统科学的观点，系统就不能够割离开来研究，因为系统组成的部分相互都是有密切关系的，割离开来就不成其为系统。刚才说四级的城市结构，谁也离不开谁，大城市离了小城市不行，小城市离了上级的大城市也不行，这是一个完整的有机的结构。而在系统科学里面有一条，就是整体并不等于局部的总和，这个原则是很突出的。就是把很多单独的东西加在一起相互作用了，最后的结果并不等于原来这些东西的和，它是有飞跃，有变化的。西德的一位科学家哈肯称此为‘协同学’”。[39]

借鉴钱老的产业思想在探索中创新：中国构筑的经济圈特征是：体现出现代人与自然、城市、集镇之间全新的关系，具有共生、共存、共荣、共乐、共雅五大基本特征；体现出生态关联的自然性、环境容量的合理性、构成因素的协同性、和谐

社会发展的承续性。[40]

在钱老提出“强化区域经济发展问题”的20多年后的今天，全国正在实施十七大报告有关“遵循市场经济规律，突破行政区划界限，形成若干带动力强、联系紧密的经济圈和经济带”“以特大城市为依托，形成辐射作用大的城市群，培育新的经济增长极”的宏伟计划时，重温钱老这些具有前瞻性构想，格外亲切。

变革优势：中国将开创经济高速发展的新途径，不仅为人类解决当今所面临的食物、健康、能源、资源和环境等一列重大问题，提供了强有力的技术手段；而且将导致创造生产力的社会革命。

最后，我们以钱学森同志2001年11月出版的《创建系统学》编辑说明中的一段话，作为结束语：

“20世纪科学技术的飞速发展，孕育着21世纪的重大突破。根据已经出现的许多苗头，钱老预见，在21世纪除了第五次产业革命继续发展外，还将出现由生物工程引发的第六次产业革命和由人体科学（包括医学、生命科学等）引发的第七次产业革命。第五次产业革命在劳动资料方面的进步，第六次产业革命在劳动对象上的拓广，第七次产业革命在劳动者素质上的提高，再加上系统工程、系统科学引起的组织管理革命，所有这些因素融会在一起，必将使社会生产力获得史无前例的巨大发展，由目前发展生产力阶段进入到创造生产力阶段。钱老的这些思想具有很深远的前瞻性。”

（作者简介见编委会成员介绍。）

该文曾摘录刊载在2010年12月11日《科技日报》要闻第4版。

注释：

[1]刊载于中国科学院农业研究委员会编印的《农业现代化探讨》第36期、总217期

[2]刊载于《科技进步与对策》1985年第1期

[3]刊载于1993年2月24日《人民日报》

[4]刊载于1993年3月8日《人民日报》

[5]收录于《钱学森文集》卷六，国防工业出版社出版发行

[6]引自《促进沙产业发展基金1994～2004》，中国环境科学出版社2005年11月第1版

[7]引自《钱学森文集》卷六，国防工业出版社出版发行

[8]引自《钱学森书信》第九集，国防工业出版社出版发行

[9]参考《科学技术发展简史》，北京大学出版社出版2004年第6次印刷《中国能源的现在与未来》，重庆出版社1990年12月第1版

[10]引自《钱学森书信》给田纪云的信，国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版

[11]引自《沙产业概述——沙产业系列论文集之四》第一部分“钱学森论沙产业”，中国环境科学出版社出版发行，2001年3月第1版

[12]参阅《沙产业概述——沙产业系列论文集之四》第一部分“钱学森论沙产业”，中国环境科学出版社出版发行，2001年3月第1版

[13]引自《沙产业概述——沙产业系列论文集之四》第一部分“钱学森论沙产业”，中国环境科学出版社出版发行，2001年3月第1版

[14]引自《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[15]引自《钱学森书信》国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版

[16]引自《钱学森书信》国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版

[17]引自《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[18]引自《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[19]引自《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[20]引自《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[21]参考《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[22]参考《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[23]引自《钱学森书信》国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版

[24]引自《钱学森书信》国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版

[24]引自《钱学森书信》国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版

[25]引自《钱学森书信》国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版

[26]引自《沙产业概述——沙产业系列论文集之四》第一部分“钱学森论沙产业”，中国环境科学出版社出版发行，2001年3月第1版

[27]引自《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[28]引自《沙产业概述——沙产业系列论文集之四》第一部分“钱学森论沙产业”，中国环境科学出版社出版发行，2001年3月第1版

[29]《人民日报》2010年2月报道

[30]《参考消息·北京参考》2010年7月28日第4版，新华社记者袁军宝、焦国栋报道

[31]引自《沙产业概述——沙产业系列论文集之四》第一部分“钱学森论沙产

业”，中国环境科学出版社出版发行，2001年3月第1版

[32]参考《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[33]参考《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[34]参考《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[35]引自《钱学森书信》国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版

[36]引自《沙产业概述——沙产业系列论文集之四》第一部分“钱学森论沙产业”，中国环境科学出版社出版发行，2001年3月第1版

[37]引自《创建系统学》钱学森著，山西科学技术出版社出版

[38]引自《钱学森建筑科学思想探微》，鲍世行、顾孟潮编著，中国建筑工业出版社出版发行，2009年5月第1版

[39]引自《钱学森建筑科学思想探微》，鲍世行、顾孟潮编著，中国建筑工业出版社出版发行，2009年5月第1版

[40]参考《钱学森建筑科学思想探微》，鲍世行、顾孟潮编著，中国建筑工业出版社出版发行，2009年5月第1版

钱学森的第六次产业革命预见和沙产业

涂元季

钱学森的沙产业理论来自他关于第六次产业革命的科学预见。1984年我国著名科学家钱学森在中国农业科学院作学术报告时提出，由于生物科学技术的发展，人类社会将会出现一次新的产业革命，按照他的观点，这是人类社会发展史上的第六次产业革命。这是一个重要的科学预见，它揭示了科学技术与人类社会发展的关系，体现了邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”这一马克思主义的基本论点。钱学森同志是从唯物史观来考察人类社会发展的。他认为，从社会的经济形态这样一个侧面来说，第一次产业革命应该是人类从狩猎为生到出现农牧业，第一产业出现了，这是人类社会的一大进步。这在中国大约是一万年前的事；第二次产业革命是商品的出现。即由于农牧业的发展，有了剩余的物资，要出售，于是许多人放弃了农耕，从事经商活动，这又是一次产业结构的大调整。这在中国大约发生在3000年以前；而第三次产业革命就是17世纪末18世纪初由于蒸汽机的发明在西方国家引发的产业革命，一般人称它为“工业革命”，但它的影响远不限于工业，而是影响到农业、商业和人类生活的许多方面，是又一次产业结构的大调整；此后的另一次产业革命就是19世纪末20世纪初西方发达国家兴起的国家和国际产业组织体系，即大的垄断集团和跨国集团公司，它不仅实现了大企业集团的全球化，而且引起了管理科学技术的革命。80年代初期钱学森同志在讲新技术革命问题时曾提出，随着微电子、通信和计算机技术的发展，人类社会将面临另一次产业革命，即信息革命，这是人类社会发展史上的第五次产业革命。但在那时，信息对社会的影响和意义并不像人们现在看得那么清楚，一个典型的例子是1985年在讨论国务院领导同志在全国科技进步奖励大会上的报告稿时，针对报告中只提到能源、交通是影响国民经济发展的重要问题时，钱学森提出，还有一个问题也是影响整个国民经济发展的，那就是信息，他建议把这个问题加上去。但没有得到多大反响，最后的报告还是只提了能源、交通问题。但是，经过了十几年以后，在今天，信息的重要性已经是毋庸质疑的了。特别是在一些发达国家，像美国，信息产业的产值已超过传统的钢铁、汽车、石油等工业的产值，成为国民经济的支柱产业，并改造了传统产业，影响到人类生活的各个方面。所以，信息革命的提法已被广泛接受了。

在预测信息革命的同时，作为一名具有战略眼光的科学家，钱学森同志还大胆地预测了21世纪将会出现的另一次产业革命，即第六次产业革命，这次产业革命的

核心是生物科学技术。由于生物科学，特别是分子生物学和生物技术，像遗传工程等的发展，对于农业、工业、医药卫生、食品营养等等人类生活的许多方面都会产生深刻的影响，改变人类社会的产业结构，因而它是又一次产业革命。生物科学技术的这一发展及其意义，在今天看来已不是遥不可及的事情了，在美国，有远见的资本家都在大量投资，开发这一意义深远的产业。所以，在世纪之交的今天看来，这次产业革命已不是会不会发生的问题，而是第六次产业革命的钟声已经敲响，我们要为迎接这一产业革命加大生物科学研究的力度，积极开发生物技术和生物工程。

钱学森认为，以生物科学技术为核心的第六次产业革命，将首先改造今天的农业，创建一种知识密集型的农产业。这是一种大农业的思想，界定为利用阳光，通过生物的光合作用，制造人所需要的产品的产业，它包括农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业。对于这几项产业，钱学森同志都有科学的论述，本文则专门讨论沙产业问题。

实际上，关于我国沙漠戈壁的状况和可否开发利用沙漠戈壁的问题，早就在钱学森的内心蕴酿着。从60年代到70年代，钱学森同志负责我国火箭、导弹和卫星事业的技术工作。每次发射试验，他都到试验基地现场办公，解决随时出现的技术问题。因此他的足迹曾到过甘肃的酒泉，内蒙古的额齐纳旗，新疆的库尔勒、马兰等。从那时起，戈壁沙漠条件之恶劣，边疆人民生活之艰辛，给他留下了深刻的印象，并时刻在他的脑海中浮现。但那时他发现，戈壁荒漠并不像外人所形容的那样，是寸草不生的死亡之海。在茫茫的戈壁也有耐干旱、抗风沙、耐盐碱的植物顽强地生长着。有些植物，像沙棘、甘草等还有很高的药用价值和经济价值。游牧的骆驼，奔驰的黄羊，给戈壁注入了生命的活力。但由于当时科研试验任务繁重，他没有精力进一步思考和研究这个问题。

到80年代中期，钱学森提出沙产业时指出："我国沙漠和戈壁大约16亿亩，和农田面积一样大。沙漠戈壁并不是什么也不长，极干旱不长植物的只是少数，大部分还是有些降水，有植物生长，有的还长多年生植物，也有少部分干旱地沙漠化了，可以考虑引水灌溉。目前人们从沙漠和戈壁获取的只限于特产的药材，但也只采不种。沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。作为沙产业，应该既采又种，提高产量。"1995年11月，钱学森同志在由林业部、中国科协和甘肃省联合召开的沙产业工作会议上的书面发言中则更进一步地明确指出，"什么是沙产业？沙产业就是在'不毛之地'搞农业生产，而且是大农业生产。这可以说是又一项'尖端技术'！"作为一名耄耋之年的老科学家，在他看到这一事业的光辉前景和伟大意义之后，满怀激情而又充满信心地说："这能行吗？近年来甘肃人民在省领导和地区领导的带领下，不是创造了'多采光、少用水、新技术、高效益'的中国沙产业吗？这一成就不就启示我们发展尖端

技术的沙产业，也就是用现代生物科学的成就，再加水利工程、材料技术、计算机自动控制等前沿高新技术，一定能够在沙漠、戈壁开发出新的、历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的生产基地。在外国，以色列已经走在前面，我们要用从前搞'两弹一星'的精神赶上去，超过他们！再次用行动证明我们中国人是了不起的！”

我体会，钱学森同志这一沙产业思想和理论有以下特点：

（1）辩证思维的特点。干旱、风沙和沙漠戈壁对人类来说的确是一个危害，但在沙漠戈壁上也有一些特殊条件是内陆平原所没有的，这就是日照和温差。强烈的日照和昼夜较大的温差是有利于植物生长的，这就是同一事物的正反两面。只要我们采取节水措施，克服干旱缺水的不利条件，再充分利用其有利条件，就能在沙漠戈壁上开发出现代化的大农业，其中某些作物的生长甚至优于内陆平原。

（2）积极进取的主动精神。由于钱老的辩证思维，他所提出的沙产业理论就不单单是治理沙漠，堵住沙化的漫延。而是包含有一种积极进取的主动精神，看到沙漠上有利条件，将沙漠作为一种资源，去开发，去利用。这是一种观念的转变，认识的转变。当然，钱老这种沙产业的理论绝不排斥对沙漠的治理；相反，他是在我国人民防沙、治沙取得成就和经验的基础上，提炼出其积极的内核，使其更进一步，更上一个新的台阶。

（3）强调科学技术的推动作用和产业化思想。钱学森同志指出，搞沙产业一定要用科学技术来推动，而且要使用全部的高科技，而不是哪一项两项技术，其中的核心是生物科学和生物技术。他预料，生物科学技术将使我国农业，也就是第一产业的面貌大改变，实现农业生产工厂化。到那时（也许是21世纪中叶）第一产业农业和第二产业工业就没有本质的差别了。和前几次产业革命不同的是，这次产业革命将发生在广大农村和集镇。农、工、贸一体化的集镇居民点，将会和大城市一样，具有相当高的文化水平、文化设施和商业设施，传统的“城乡差别”也将会随之逐步消失了。

作为一种科学的理论和实践，沙产业必将在我国大发展，这是毫无异议的。为了推动沙产业的发展，首先要进一步宣传沙产业的理论、思想和观点。钱老关于沙产业的理论，是建筑在高科技，特别是以生物科学技术为核心的第六次产业革命的基础上的，是一种高瞻远瞩的新理论、新思想；是钱学森同志运用辩证唯物主义的思维来思考我国农业问题的成果，是有中国特色的。这种新理论、新思想要被人们广泛理解和接受，必将有一个过程。据我所知，目前人们对沙产业还有许多误解，其一是望文生义，以为沙产业就是沙土的加工和利用；其二是认为过去的防沙、治沙已取得很大成绩，何必又出新花样，搞什么沙产业，如此等等。这说明我们的宣传普及工作虽然取得很大成绩，但还不够，还需要进一步加强这一工作的力度。

另一方面要进一步试点和推广“多采光、少用水、新技术、高效益”的中国沙

产业模式。甘肃、新疆、内蒙的同志在这方面已经做了大量的工作，他们引进了少量的技术，但却没有照搬外国，如以色列的模式，而是结合中国的具体情况，从实际出发，土法上马，建成了中国模式的节水、采光、保温、防风沙的塑料大棚，建设了一批蔬菜瓜果等种植业基地，这一成果还在进一步向养殖业发展。以色列建设一个2亩地的塑料大棚需经费约5万美元，而我们一个近一亩地的塑料大棚只需人民币约1万元。这种中国模式的节水型无土栽培塑料大棚看起来尽管粗糙一些，但它解决问甄，在沙漠戈壁一个3～4口人之家，一个大棚一年即脱贫。由此滚动发展，沙产业将大有希望。

钱学森同志不仅提出了沙产业的理论，而且身体力行，将他所获何梁何利基金优秀奖的100万港元捐给了促进沙产业发展基金，带头为推动沙产业的发展作出了贡献。但是大家所不知道的可能是，作为一位著名的科学家，钱老本人的生活十分简朴。他一生早把名利二字置之脑后，早年抛弃美国的优厚物质待遇，不顾美国政府的阻挠和迫害，毅然回国。后来就一心扑在祖国的科技事业上，为我国科学技术事业的发展，呕心沥血，从不计较个人得失。他生活简朴，工资是他唯一的收入。回国后他曾写过好几部重要的理论著作，并有几笔在当时十分可观的稿费收入，但他都作为党费上交组织了。他父亲早年在杭州的房产也都一概上交国家。所以，在金钱和物质上，钱老可以说是清贫的。他拥有的只是渊博的知识，高尚的人品和超前的思想。

近年来钱老虽由于行动不便，不能亲临沙产业第一线，但他一直关注着这一事业的发展，关心着沙区人民的脱贫致富，思考着沙产业的方方面面。只要他有所思，就立即和刘恕、田裕钊等有关同志通信。考虑到沙产业需要有较大的资金投入，而国家一时又拿不出许多钱来，怎么办？这个问题一直困绕着钱老。当他从报纸上看到像三九企业集团公司，科瑞集团和中国安泰经济发展公司等大型企业集团开始投资农业的消息以后，高兴极了。1996年2月22日他给刘恕同志写信说："……我祝愿沙产业在新的一年里有新的成就！我认为这不是什么理想了，武威和张掖地区用新技术已展示了未来沙产业的概貌。而北京市通县永乐店的中以合作农场更显示了未来农产业的轮廓。所以技术是已经有了，要实现就必须解决资金问题；但现在我们也有了方法：我国的大型企业已开始注意到我国农产业的广阔前景，并开始投资农产业了，如'三九集团'等。这样，有了科学技术，又有资金，那社会主义中国的第六次产业革命已经起步了！我们的思想认识要跟上呵！以上我们是讲'绿色农业'，附上两个复制件，一个讲'白色农业，一个讲'蓝色农业'，都有类似情况。所以刘恕同志、裕钊同志，我们真是生逢盛世呵！我们的1996年春节过得不平凡！"

1997年，当钱老获悉中国农业发展银行要用专项贷款支持沙产业发展时，他又想到怎么样用好这笔钱，这就需要有高素质的人才。所以他又就人才培养问题给刘

恕同志写信说：“现在沙产业有了农业发展银行的专项贷款，问题是要有人才去高效地利用资金开发沙产业——沙工贸一条龙地经营。这是当务之急了。基金会能在培养沙产业人才方面做点工作吗？此意请考虑。”刘恕等同志完全赞同钱老的意见，并立即着手教材的编写工作，开展沙产业人才的培训。最近，当钱老听说《推广沙产业技术指南》一书初稿已拟就时，感到十分欣慰。

水是沙漠戈壁中搞绿色农业即沙产业的一个关键问题，而沙漠中缺水，所以必须搞节水农业。也可以说沙产业必须是节水型的农产业。所以钱老特别重视以色列等国的经验，并建议有关同志要到以色列去考察，到北京通县中以示范农场去参观。他深知中国水资源十分缺乏，而农业用水效益又低，浪费很大。但水的问题涉及到水利、农业、林业、环保等许多部门，所以是一项复杂的社会系统工程。为此，他曾对宋健同志说：“水在中国是件大事，我觉得分四个方面：第一叫治水，包括现在说的水利工程，也包括污水的处理等。不管是治洪、防涝、还是防治污染，科学方法、技术都是成熟的。昨天我看报纸报道河南省宁陵酒精厂就是一个例子，他们把酿酒排出的污水利用起来，产生沼气，而沼气又用来供给全市作燃料。所以这里面是大有可为的，但这样的技术由于各种原因推广不开。第二是节水，我们现在的灌溉技术对水的浪费很大。据说采取节水措施以后，只需现在用水的一半或1/3，就可以达到同样的效果。这样一来，水的危机就可以大大地缓解了。第三是调水，就是大范围的调水，这不用说您都清楚。第四叫造水，我指的是海水淡化。我认为通过治水、节水、调水、造水，中国水的问题是可以根本解决的。当然，问题是涉及的部门太多，难点和困难就在于此。所以光议论，总是各说各的，找不出一个总体的办法。”他并建议宋健国务委员亲自抓抓这件事，他说：“您抓了‘夏商周断代工程’，给我启示，而且您还是国务院环境保护委员会主任，是系统科学、系统工程专家，所以我国水的问题应该请您来抓总，从全局的高度汇集社会科学、自然科学和工程技术方面的人来研究。可不可以设想，到2000年提出一个“水建设在中国”的思路和总体设想？”当他看到《人民日报》1997年11月3日第10版用整版的篇幅报道节水灌溉事业时非常高兴，说现在节水灌溉引起了各方面重视，是大好事。我们提倡的沙产业就是节水型农业，我们要带好这个头。

（作者简介见编委会成员介绍。）

原载《步入实践的沙产业——沙产业系列论文集之三》，中国环境科学出版社出版发行，1998年8月第1版。

实践验证着理论的光辉

——重温钱学森关于第六次产业革命的论述

刘恕（2014年8月）

伟大的爱国者、杰出的科学家，钱学森先生始终以其博大精深的学识、超群的思维智慧，凝视着未来，思谋着国家的发展。他认为，着重未来，科学地预见中国，关注和思考如何迎接21世纪的问题，是关心国家和民族未来发展的中国科学工作者的历史责任。

二十世纪八十年代初，当技术革命在我国成为热议的课题时，钱先生就新技术革命对国家发展进步的作用阐述看法。提出“科学革命”、“技术革命”的定义，认为“有了科学革命、有了技术革命，最后直接作用到生产，就引起生产体系、生产结构的变化，这种变化，从量变到质变有了飞跃，这时候就出现产业革命”。他认为，“产业革命就是经济的社会形态的飞跃”“技术的发展必然带来生产力的发展，而生产力的发展必然引起经济结构的变化”，在人类历史上曾不止一次发生过产业革命，按其出现和兴起时序排列为：

第一次：农牧业的出现和兴起，约公元前七、八千年。

第二次：商品生产的出现和发展，约公元前一千多年。

第三次：大工业生产兴起，18世纪末19世纪初。

第四次：国家以至跨国大生产体系兴起，19世纪末20世纪初。

第五次：电子计算机、信息组织起来的生产体系出现和发展，即将到来的一次产业革命。

第六次 ：高度知识和技术密集的大农业，农、工、商综合生产体系出现和发展，可能出现于21世纪的社会主义中国。

钱学森认为，近六十年内，我们的任务将是十分繁重，要补第四次产业革命的课，要迎头赶上，正在酝酿的第五次产业革命，更要为创立21世纪中国以农村为基地发展高度知识密集型产业作准备。在面临的“补课”、“迎头赶上”和“创建”三项任务中，创建农业型知识密集产业更具时代的挑战性。

一、21世纪在中国出现的第六次产业革命的本质特征。

从能源利用的视角，21世纪在社会主义中国出现的第六次产业革命与18世纪

末、19世纪初，发生的集中利用煤、石油、天然气为能源产业革命不同；第六次产业革命是利用取之不尽、用之不竭的阳光为直接能源，“通过植物光合作用来进行产品生产”。由于“引入高新技术及高新技术产品新材料、信息技术等，将出现前所未有的新产业”——知识密集农业型产业体系。其特征为：

、 1. 知识密集的大农业生产体系，“主张走出传统，跨领域地运用物理的、化学的科学原理，利用信息革命的成果、新工艺、新材料、新技术”，把农业提升到现代科学水平，达成高度知识、技术密集的水平。

2. 21世纪新产业革命开创的大农业，除“达到技术现代化外，而生产过程组织很严密、一道一道工序配合紧密，是流水线式的生产”，是“充分运用自然科学、社会科学、工程技术以及一切可以运用的知识来组织、经营”的一种产业。大农业产业按生产活动和资源空间的差异划分出不同的产业类型。

3. 第六次产业革命中新兴的农业型生产体系“不仅是劳动对象的拓广，而且还将以集信息、金融、管理、科技、生产，加上工、商、贸于一体的集团公司体制的运作”。“发展起来的第一产业（农业）和第二产业（工业）除生产产品不同外，在生产方式上已无实质性差别，即工业和农业之间的差别消灭了，两者结合起来成为物质资料产业”。第六次产业革命的”核心是将传统的第一产业改造成类似现代第二产业的新兴产业“。第六次产业革命的发生地，是“在农村、山村、渔村和边远荒漠地带，随着这一产业革命的发展，这些地方也都将改造成小城镇”。

钱学森先生认为，21世纪将在中国出现的第六次产业革命，兴起的知识密集农业型新产业，引起生产体系和经济结构的变革，将带来工业、农业间差别，农村与城镇差别的消除的重大历史性变革，所以“21世纪将在中国出现的第六次产业革命，是一个值得人们深思的严肃问题。

钱学森先生认为，在知识密集的农业型产业中，“一共有五类：农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙业产业”，“一旦实现了知识密集的农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业，人类通过生物充分利用太阳能生产的事业，整个经济结构就要改观。这才是新的产业革命”。不同产业类型有着同一的本质特征，但“产业类型决定着产业结构”有各自特征。沙产业与海产业其生产活动范围最具有地域特征，因而造就出独特的产业结构”。

二、具有地域特征的农业型沙产业，是21世纪干旱沙漠开发利用的科学构想。

钱先生对沙产业的发展给予特殊地关注。他认为发展沙产业“是社会主义建设的一件大事，让沙漠为我们服务”“沙产业实际上是未来农业，高科技农业，服务于未来世界的农业……前途无量”。1990年11月21日，他在甘肃河西走廊沙产业

开发工作会议的书面发言中，对沙产业的概念进一步说明："沙产业就是在不毛之地，搞农业生产，而且是大农业生产，这可以说是一项尖端技术。""发展尖端技术的沙产业，就是利用现代生物科学的成就再加水利工程、计算机自动控制等前沿高新技术，一定能在沙漠戈壁建设成历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的生产基地"，沙产业"将创造上千亿产值"。

我们称此为沙产业

我和中国科协的刘恕同志多年来宣传开发
沙漠戈壁、利用阳光搞农业型的生产，现已在
甘肃省河西走廊有了成功的开始，是用塑料透
光膜造大棚，聚光保温，棚下沙地下铺
隔水膜防渗，用滴灌节水种蔬菜。我们
称此为沙产业，是农业型的产业。

摘自1996年5月9日钱学森致瞿宁淑的信

作为第六次产业革命内容的沙产业，其实质是在荒漠戈壁的不毛之地上，创造大产值的知识密集农业型产业，是21世纪干旱荒漠地区新农业文明和沙漠戈壁开发利用的科学构想。它的基本特征可概括为：

1. 用辩证思维认识沙漠戈壁的地理特征。

坐落在地球表层赤道南北一定范围内的沙漠戈壁区，具有天赋充沛的阳光资源。沙产业理论主张利用它的阳光优势，将提高沙漠戈壁地区太阳能转化利用的效率作为方向。克服植物利用太阳能的限制因素，提高单位面积碳水化合物的产量，用以满足人们对氨基酸、维生素、生物能源及工业原料的需求。

2. 充分运用现代技术是沙产业的内核。

沙漠戈壁地区虽有充沛阳光优势，但由于其干旱、高温、地表不稳定等自然限制要素，加上太阳能量辐射不稳定性，天然生态系统净初始生产力低下（如，卡拉库姆沙漠约10公顷荒漠草场上养活 1 只羊），沙产业必须把提高绿色植物阳光利用率的希望和潜力依托在高新技术的运用上。如：

（1）用人工设施改变植物生境的光热条件，摆脱不良气候影响和季节束缚，提高光合作用的效率；

（2）节约水的无效消耗；增加CO_2的浓度，提高光合作用的效率，增加产量；

（3）改善光照质量和原本的土壤条件，加速作物的生长发育，作为提高光合

作用效率的手段；

（4）利用绿色物种的多样性特点，优选进行光合作用的主体—绿色植物，包括自养单细胞低等植物。

从而形成表达为："多采光，少用水，新技术，高效益"的，既显示技术核心内容，又体现产业目标的农业型沙产业的技术路线。

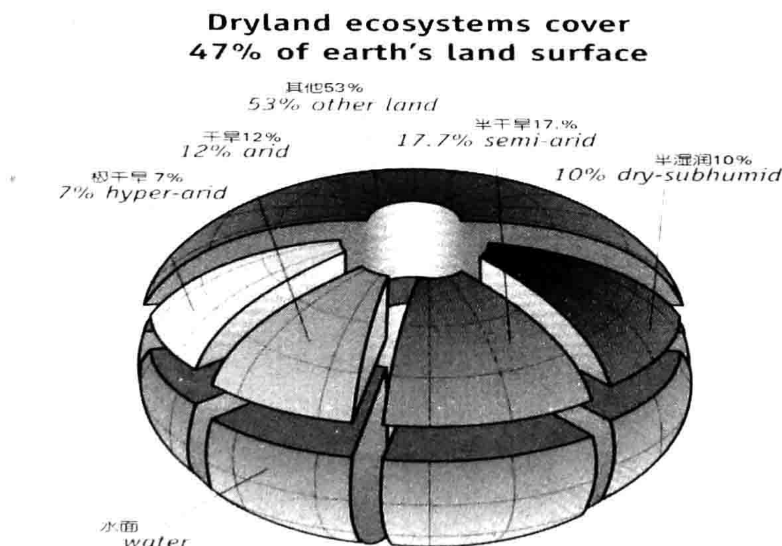
3. 沙产业在产业化过程和循环经济形成中，发展农业型沙产业，是在干旱不毛之地建成农、工、贸一体的生产基地。沙产业不但生产技术上追求现代化，而且生产过程要求组织严密，形成以阳光为直接能源，利用绿色植物通过光合作用来进行高效益生产的产业；全部产品的生产和加工，倡导采用无废弃物工艺。

4、沙产业追求人与自然和谐发展，以提高人类福祉为产业目标。沙产业的生产活动地区，生态平衡脆弱，生产发展必寓于环境保护之中，寻求生态保护、经济效益双赢是沙产业发展遵循的守则。干旱区居民长期受贫穷的羁绊，生活福祉低下。有效地提高对天赐"取之不尽、用之不竭"太阳光截取能力，增大高附加值的第一性产品，为干旱区居民摆脱贫困羁绊带来生机，是沙产业发展追求的目标。

三、20年来，沙产业的实践用鲜活的实例启示人们更深刻认识到第六次产业革命沙产业理念的价值。

1. 沙产业理论为沙漠地区开发提出正确的战略抉择。

在地球南北回归线附近的陆地表面，分布着占陆地面积1／3的干旱区，历史上曾是人类栖息和文明发祥地。但多风少雨，旱灾频发，严峻的自然地理环境，使这里的居民生存和发展处在十分艰难的境地。 不论在中国，还是在世界，干旱半干旱地区多半属于贫穷、不发达地区，是产生"生态难民"的根源地。

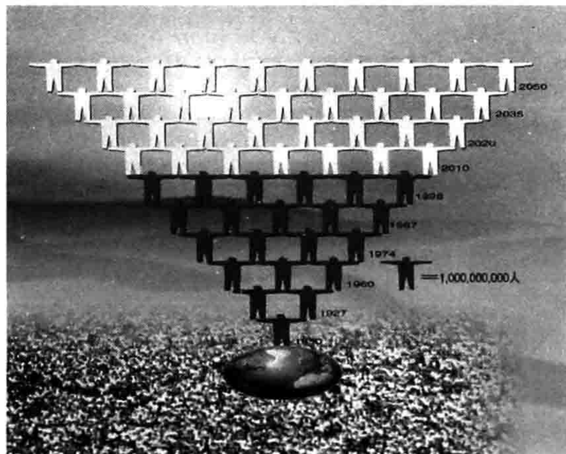


百年来，干旱区居民为生存的需求不断探索经济开发的技术手段。但受自然条件的制约，所进行的经济活动，往往在取得经济效益的同时，也付出了生态破坏的代价。例如，上世纪60年代末到80年代，国际资助6.25亿美元，在非洲无水草原上打井。水井建成后，在水眼周围，牲畜大量聚集，造成寸草不留的荒漠化圈。当地群众说，水多了，但草少了；牛多了，但奶少了。1987年采取措施，中止了计划。例如，在中亚地区扩大水浇地植棉，曾是俄国几代人的梦想。20世纪50年代开始，大规模建设的引水工程——卡拉库姆运河扩大水浇地，终于使植棉业成为当地的主产业。在730万公顷的水浇地上，农业生产一度呈现出棉花丰收，水稻也高产。伴随时间的延续，环境退化的恶果也不期而至。这种层出不穷的教训召示着，在干旱区人们需要新的发展谋略。

2. 沙产业为人类开拓出新的生存发展空间。

当前，全球人口爆炸式增长，每增加10亿人口只需要十多年时间。有人预测，当2020年世界人口从60亿增加到80亿时，粮食需求量将增加40%。 2000年联合国粮农组织粮食安全报告中提到，全球食不果腹者高达7.9亿，粮食极度匮乏的国家有33个之多，地球已不堪重负。严重的现实引起国际社会各界人士高度重视，联合国秘书长潘基文曾呼吁，“ 国际社会应认识到世界上有一半的穷人所居住的干旱和边缘土地有可能成为农业集约化生产区，以满足人类对食物的需求。”著名荒漠学者巴巴耶夫撰文，“荒漠不是我们的敌手而是良好的伙伴，要学会与他商量同他合作，他将为人类提供良好的服务” 。 干旱区幅员辽阔（非洲总面积的55%，欧洲占2%，大洋洲占35%，亚洲占34%），又具充沛的日光辐射，有可能打造成为人类提供所需食品、产生生物质能和保障健康的药品的基地。伴随科学技术进步，面对时代的挑战，干旱荒漠的开发文明将推向新里程，成为人类生存发展的新空间，为拥挤不堪的地球村带来生机和希望。

拥挤不堪的地球村



四、沙产业实践见证着第六次产业革命理论的光辉。

二十几年来，东起科尔沁沙地，西至天山南北的荒漠，有着结合本地实际成功地践行沙产业的案例，展示着第六次产业革命理念的生命力和价值。农业型沙产业以干旱不毛之地为发展空间，不追求耕作面积的扩大，而是用智慧和技能支配驾驭固有光合作用条件的盈缺，集约经营干旱地区的不毛之地，生产人们所需要的食物和营养品，增加了收入。

在甘肃、内蒙等地探索出的实用办法有两种思路：其一，构建适合光合作用的人工环境；其二，利用现代生物技术，优化太阳能转化器。“多采光，少用水，新技术，高效益”技术方案推进了沙产业发展。例如：

截止2014年武威市日光温室建设规模已达到15. 92

有了农膜、塑料大棚，在北方可以栽培南方的蔬菜瓜果，全年都可以吃到反季节的蔬菜。在智能温室里栽培作物，全不受地域限制，真可谓地不分南北西东，时不分春夏秋冬。现在科技完全可以在荒漠中发展大农业，适合人类生存的空间大大扩展了。

——宋平同志在沙产业会议上的讲话（2000年6月28日，甘肃武威）

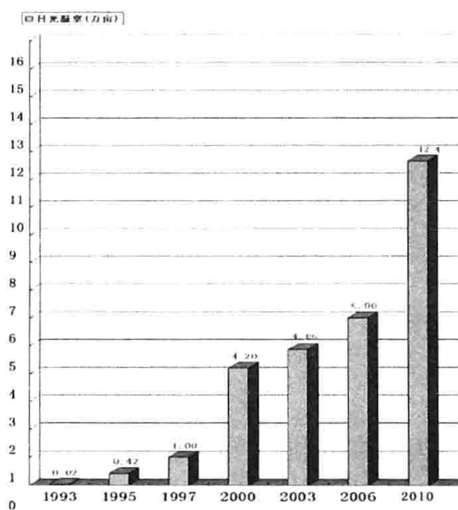


图1 武威市日光温室数量变化



图2 腾格里沙漠中的沙产业绿洲

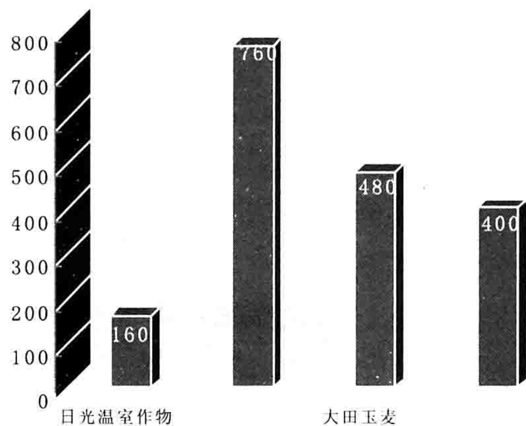


图3　不同种植方式效益比较（元/亩）

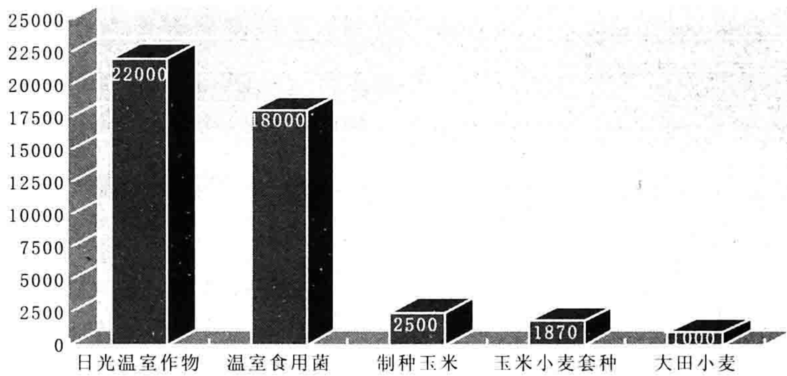


图4　每茬作物所需水量比较（m^3/亩）

地膜覆盖有效地提高水利用率，地膜覆盖是河西走廊较早的一种多采光、少用水的高效益的农艺措施。

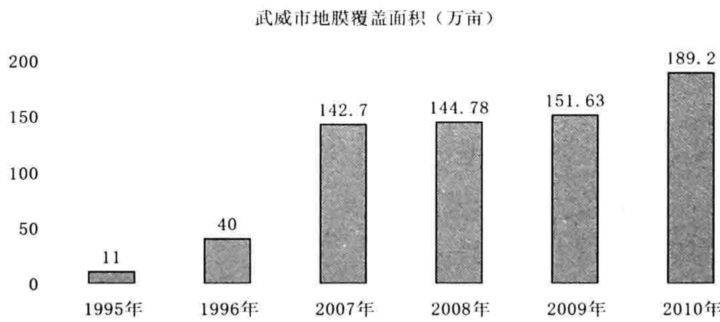


图5　武威地膜覆盖面积变化

通辽在2013年通过由市水利部门组建的网络信息平台，将30万亩的玉米地全部纳入用计算机网络技术遥控的膜下滴灌，达到了节水、省工、增产、节省肥料、提高收入的目的。为土地集约经营、集中管理创造了技术和社会条件。

鄂托克旗创建了螺旋藻产业园。目前，完成规划面积12000亩，配套开发面积7000亩，修建“三纵三横”道路21公里，实施给排水、天然气管网22公里，进驻

螺旋藻生产企业26家。螺旋藻净养殖面积4000亩。目前产能达到年藻粉产量3500多吨，成为干旱荒漠中特殊的新绿洲。



图6　建设园区前这里原本是沙丘地



图7　鄂托克旗螺旋藻产业园干旱荒漠中的新绿洲。

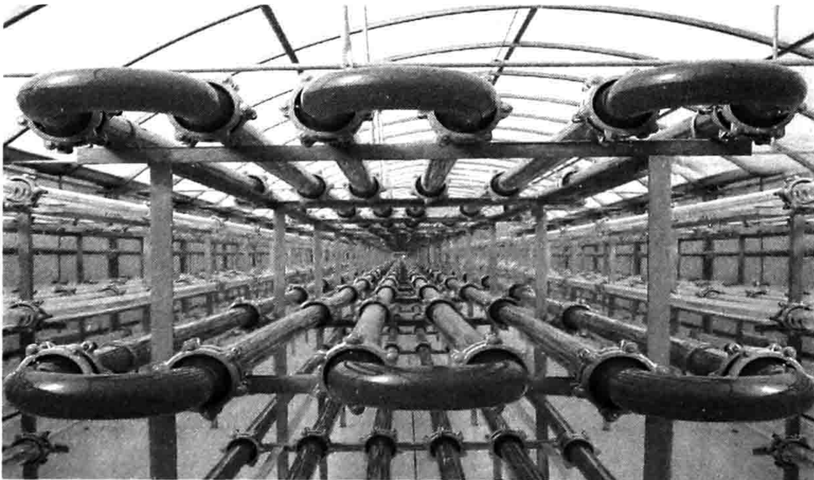


图8　甘肃武威微藻生产车间

位于嘉峪关市酒泉钢厂下风方向的戈壁滩，粉尘污染严重，寸草不生，是典型的干旱荒漠不毛之地。2005年6月17日，在这块不毛之地上，实行着“多采光，少用水，新技术，高效益”的技术路线，开工建设嘉峪关戈壁滩上的葡萄园。葡萄园引进全套以色列滴灌设施，发展膜下滴灌。现已种植39633亩，可年产葡萄酒1万

吨。在戈壁滩上，兴建了地下占地面积13700平方米的葡萄酒酒窖，可放置2.1万个标准橡木桶。滴灌技术节水62%，节电61%，39633亩葡萄年增效益3000万元。



图9　嘉峪关戈壁滩上的葡萄园

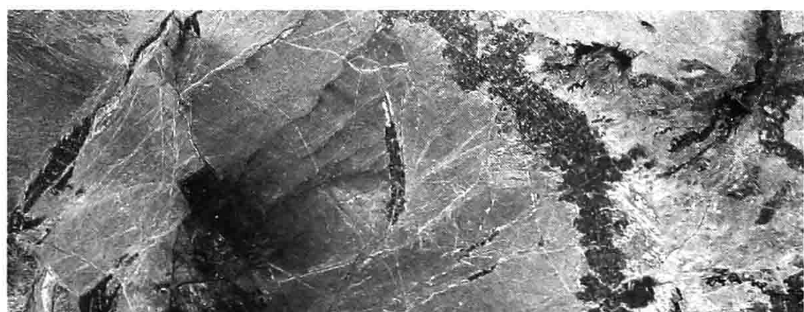


图10　20年前嘉峪关戈壁滩原始景观



图11　壁滩上日光温室培育的红提葡匋

一亩日光温室培育红提葡萄年收入2.5万～3.5万元，相当于旱地小麦100倍的收入。



图12　不毛之地戈壁滩上，地下的温棚内种植真菌双苞菇



图13　戈壁荒滩上的蔬菜日光温室

实践活动具备不可取代的品质，任何理论，包括制定的技术路线、方案、计划，也只有步入实践之后，经过实践的验证，有了实施效益和结果，才会启示人们重新认识、评估他们的作用和意义。这种经过实践后得到的认识，是认识上的一个新阶段，是使理论价值得到确定性的定位，是理论的可行性和预见性的最佳注解。20年来，沙产业的实践用鲜活的实例启示人们，更深刻认识到第六次产业革命沙产业理念的价值。知识密集型的沙产业，虽然在一些示范地的实践中初见成效，但目前的实践，仅仅是万里长城的起步，“沙产业属于第六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的”。沙产业理论距真正“开花结果”，还有近四十年，这个时间的

践行活动，是沙产业理论完善和发展的原动力。

面对人类急需解决的难题，重读钱学森先生的21世纪在社会主义中国将出现第六次产业革命的预言，启示人们，积极迎接它的到来；钱学森先生的精深见解，是从战略高度发出的时代召唤。人类社会的发展与进步，是沿袭着客观内在的逻辑前进，超群的智者，能洞察和揭示客观发展规律，预见未来，引领人们摆脱迷茫，少走弯路。在这个意义上，理论的指导、引领，就是人们期盼的明灯。钱学森先生关于第六次产业革命的论述，在干旱不毛之地上实践活动，以及多年来专家学者研讨的理论成果，已经为我们开辟出一个跨学科整合知识的广阔空间，人们能从中获取破解难题的智慧钥匙。

今天，我们置身于创新的时代。一个迎接农业技术革命的时代。让我们重温钱老关于第六次产业革命的理论，努力探索、实践创建农业型知识密集产业，这不仅是时代的需求，也是对一位杰出贡献的科学家钱学森最好的缅怀和纪念。

（作者简介见第69页。）

钱学森先生为中国草业科学开辟了新路

任继周

2009年10月31日，我正在北京会议中心参加中国工程院院士增选会议。午饭以后照例休息一会。刚躺在床上，突然接到腾讯网联合《科学时报》记者的电话，说今天上午11时，钱老去世了。我惊呼一声，脑子陷于一片空白。记者要我说几句感想。精神受到巨大震撼，一时难以平静，思绪凌乱中，断断续续地，在记者提问下，说了一些话。记者整理出来，在网上刊出如下的文字：

“啊！（很震惊）我还不知道钱老去世的消息，这是真的吗？他是中国草业科学的创始人，是他最早提出了这门学科，为中国草业科学的发展指明了方向。听到这个消息我真难过。我们一定会发展好草业科学，以纪念中国伟大的科学战略家钱老！”

当我说到钱老是“伟大的科学战略家”这句话时，记者似乎有些迟疑，又重复问了一到两遍。我肯定地说，“钱老是伟大的科学战略家”。

钱老90大寿的时候，我写了一篇祝寿的文章，开头就说“科学家难得，科学战略家尤其难得。钱学森先生以科学战略家的眼光为草业科学打开了一条新路”。

钱老以科学战略家的宏伟目光，注视着世界的科学前沿，谋划着祖国的科学蓝图。他预言，在信息革命为标志的第五次产业革命以后，以农业为主轴的第六次产业革命即将到来。在这一大战略思考的背景下，他提出草产业的概念。在中国这个“以粮为纲”的国度里，在他设想的第六次产业革命中，居然把一向被忽视的草业提到战略的高度，这不仅体现了钱老的远见卓识，也显示了钱老的巨大勇气。

我们草业工作者，早就感受到草原牧区与农耕地区的截然分割，草原作为自然资源独立存在，而农耕区“以粮为纲”的传统的“耕地农业”也面临越来越艰难的尴尬处境。这是草原牧区与农耕地区两败俱伤的格局。草原科学工作者许多年来，酝酿着如何补救这一历史缺陷，使它符合社会生产实际，也符合科学发展的潮流。补救之道，我们属望于草地农业系统。

“文革”刚刚结束，1978年，我就开始讲授草地农业生态系统。1981年，又在农业部和甘肃省共同支持下，建立了部省合办的“甘肃草原生态研究所”。就是想打破农区与牧区的截然划分，解放我国农业发展“以粮为纲”的思想禁锢，借鉴先进国家的经验，给草地和草食家畜应有的地位，从根本上改变我国农牧业分割的农业结构，对草地农业生态系统深入探讨。

如今钱老以科学战略家的眼光和勇气，提出在中国建立独立的草业，真是振聋

发聩！使我们的学术思想豁然开朗，起了点石成金的作用。这不仅仅在学术上指明了草业的学术方向，也勾画了草业的战略路线图。从此，草业不再仅仅是一个理论“系统”，而是摆在社会面前的，实实在在的新兴产业了。钱老为推动我国草业生产和草业科学做出了跨越式的贡献。草业将是第六次产业革命的农业基石，其意义远远超越了对传统农业系统改革的本身。

我与钱老第一次通信接触，应该是1985年3月间。1985年6月24日，北京民族饭店，中国草原学会和中国农业经济学会联合召开了草业问题研讨会。参加会议的人不多，但规格很高，除了邀请到钱老以外，还有经济学家许立群，农业经济学家石山，党内理论家邓力群等。会议是由中国草原学会副理事长兼秘书长李毓堂张罗召开的，我真佩服他的本事，怎么请到这么一批名人到会。就在这个会上，钱老说了这样一段话：“今天来参加中国草原学会和中国经济学术团体联合举办的建立中国草业问题的讨论，我是积极的。但我完全是个外行，只是在耀邦同志对甘肃省要种草种树的启发下，一年前提出创立知识密集型草产业的问题（内蒙古日报1984年6月28日第4版；人民日报1985年3月7日转载）。这不过是冒叫一声，到底有没有道理，我自己没有把握。是今年三月，收到甘肃草原生态所任继周教授的来信，得到他这样一位专门科学家的鼓励，才使我加强了信心。”

钱老说的三月份这封信，就是我奉钱老之命，回答有关草原问题的一封回信。这是我与这位不世出的伟大科学战略家的初次联系。

在这次会上，我第一次与钱老见面，加深了我对他的敬重和理解。我有幸坐在钱老的邻座，钱老谦和、雍容的风度，使我如坐春风。尽管初次见面，我一点也不觉得陌生和拘束，好像我面对的是相处多年的睿智长者。会议讨论中，我也做了简短的发言，说些什么已经淡忘了。但钱老对我讲的话记得清楚。钱老对我说，“我数了数，林业有16个产业部门，草业有多少产业部门”？我老实说“不知道”。因为这时草业在我国还没有真正建立。钱老这一富于战略深度的提问，启发我对草业作结构性思考。一年以后，我们提出了草业科学的学科框架雏形。草业作为一个生态系统，从理论走向社会实践。

此后，就是依据这个框架，大学的“草原学科”发展为“草业学科”。1999年国家大幅度调整学科系统，专业门类大量裁并，扩大学科领域，把五百多个学科专业减少到二百五十来个专业。而草业学科不但没有被精简，反而提升一级，从畜牧科学中独立出来，得到与农业、林业、牧业比肩而立的地位。经过几年教学和科研实践，终于在2002年提出了草业科学较为完整的框架结构。每当草业科学取得新进展，我们都怀念钱老给予草业科学的战略支持。

基于对草业的深刻思考和关怀，钱老还提出了一系列富有战略意义的观点。

他从系统工程的观点，提出了从草地到饲料，到家畜，再到加工流通的系统工程（钱学森，1986年1月1日给作者的信）。在他的鼓励和提携之下，成立了中国系统工程学会草业专业委员会。大家都知道，钱老是系统工程学的创始人。记得有一次在国防工委他的办公室里，他平静而自信地说："我们搞导弹的时候，吃饭时不过两桌人。靠什么？就是系统工程的思想。现在到处说系统工程了。"在他的亲自主持下，成立了中国系统工程学会，随后在中国系统工程学会之内又成立了草业专业委员会。这个专业委员会承载了钱老对我国草业的无限憧憬。用系统工程的方法来发展草业科学，草业科学应该像导弹那样腾空而起。这应是草业科学方法论的战略核心。

在"十五"期间，他说："一定要有草产业的试验示范点，可以设三个：北方草原一个，北方山地草地一个，南方山地草地一个"（钱学森1991年9月2日给作者的信）。这是钱老对全国草业科学和产业发展的战略布局。我为此曾经几度上书领导，请求建立某些草业项目，并提出在项目中设立试验示范基地。我们提出的项目建立了，甚至多达上千亿元，但试验示范基地却落空了，这无异抽空了钱老的战略部署。在钱老已经离去的时候，已经进入"十二五"时期了，草业的试验示范基地仍然没有建立起来。

钱老以战略家的眼光审视当前草原工作，面对目前草业被严重忽视的状况难以容忍。他以极其急迫的心情，多次建议，要像林业局那样，成立直属国务院的草业局。他给国务院某一领导同志的信中说："45亿亩的事业要用几十年的艰苦努力，不能放在眼前工作十分繁重的国家农业部去管。我建议国务院考虑设国家草业局，专管草原与草滩。将来到二十一世纪，国家会设草业部"（钱学森1989年1月24日给作者的信）。对把草业从农业部里独立出来，钱老有难言的苦闷。我曾经作为第五、第六、第七届全国政协委员，每次开会，在钱老的鼓励下，我都提出设立草业局的提案。历时15年，写了多次提案，但次次落空。钱老对此类提案答复大不以为然。我1990年8月20日给钱老写信，汇报我在政协提案中，再次提出在农业部内部设立草业局的议案。钱老在信上批示"我的看法是不能'与虎谋皮'"。钱老出语如此锋利，这与他思维敏捷而言行敦厚的风格颇有出入。我理解，这是出于他对事情的急切和无奈，不是对任何个人或单位的指责。如今，事情过去近二十年了，各级领导也换了几茬，被误解的可能性已不复存在，把这句话拿出来，以表达钱老在这个问题上的高瞻远瞩，以激励来人。

现在，钱老已经谢世了。时代已经进入了21世纪，不但钱老盼望的草业部未能实现，连草业局也还不见踪影。尽管国家投入了比过去大许多倍的人力、物力和财力，但我国草原还是处于局部改善、总体退化之中。草原退化面积已经达到90%

（杜青林，《中国草业可持续发展战略》，中国农业出版社，2006年版第8页），到了退无可退的地步。至于草地农业，至今还没有真正起步。就是钱老在“十五”期间所设想的三个试验示范基地，也还没有着落。钱老以一个科学战略家的胸怀守望着未来的曙光，从来没有为此垂头丧气。但我们作为钱老的后来人，在举国悼念钱老离去的时候，我们颂扬了他在航天事业等诸多方面的丰功伟绩，但在草业方面，几乎寂寥无闻。我们草业工作者自责无能，未能实现钱老的战略设想之余，也难免为钱老感到有些高处不胜寒。在草业领域，钱老处于伟大的历史孤独之中。

钱老，我们的领路人走了。但我们坚信，随着社会的不断发展，文明的进步，生态改善、食物安全、民族兴盛团结日益成为社会迫切要求，在这样一个大背景下，草业的发展必将获得社会共识，钱老对草业的战略设想必将实现。我们将沿着钱老描绘的草业发展路线图，前赴后继，奋勇前进！

钱老永远活在我们草业科学工作者的心中！

作者简介：

作者系第五、六、七届全国政协委员。中国工程院资深院士。曾任中国草原学会第一、二、三届副理事长。创建草原的气候——土地——植被综合顺序分类法，提出评定草原生产能力的新指标（畜产品单位），对草地农业系统四个生产层的确立及生产力动态研究有开拓性贡献。创建我国高等院校《草原学》《草原调查规划》《草原生态化学》《草地农业生态学》四门课程。享誉海外，新西兰梅西大学已设“任继周教授奖学金”。

原载内蒙古政协办公厅主办的《政协经济论坛》2009年12月31日第三、四期合刊13～20页。

沙产业的发展方向及价值定位

刘 恕

关键词：沙产业（Deserticulture）*

摘要：在我国西部干旱“不毛之地”上，近20年沙产业开发实践证明，钱学森先生所倡导的“变不毛之地为沃土”的沙产业，不是远不可及的构想，而是具有强大的生命力和现实的可操作性的科学理念，是一种新的思维，是正确的沙漠开发利用的战略。在沙产业理念指导下，充分发挥干旱地区的阳光优势可能使干旱的荒漠成为为人类提供生存物质的空间。在当前世界人口数量不断增长的现实中，占据陆地面积1/3的大片不毛之地，有可能打造成发展农业的新空间，将会为人类在地球上生活发展带来希望。这正是沙产业理念作为新一场产业革命内容的价值所在，更佐证了沙产业的出现和发展，具有现实意义和适应客观需求。

***沙产业的英文译法为钱学森先生亲自拟定。**

英文译名，沙产业为Derserticulture（其它四项：农产业为Agriculture，林产业为Arboriculture，草产业为Praticulture，海产业为Mariniculture）。钱老对于将沙产业译为Derserticulure，解释为这是一组合词，由产业生产的地域和产业生产方式组合而成。

1984年初，钱学森先生预见性地提出了继信息产业革命之后，人们将迎来一场与人类生存发展密切相关的新的产业革命，这场新的产业革命将引发农业型产业重大的变革，前所未有的新产业——知识密集型农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业将要在人类历史上登上舞台。钱学森先生曾充满激情地讲述，新产业革命中的农业型知识密集产业系列生产活动有共同特点：第一，在生产过程中，一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用工业生产技术，也就是全部现代科学技术，包括新的技术革命的成果。第二，不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产，这就是农业型的知识密集产业，认为，由生物工程和生物技术的高度发展所引发，这场产业革命的来临将会彻底改变第一产业——农业的面貌，实现农业生产工厂化。钱先生认定，农业型产业系列是指以阳光为直接能源，由植物光合作用进行产品生产的产业。凡是有阳光普照又有可进行光合作用生物存在的地域，均是具有发展农业型产

业的空间，同时利用绿色植物的光合作用，最大限度地固定转化太阳能是农业型知识密集产业的本质内容。由于进行生产空间的地域特征及生产方式的差异，钱学森先生将农业型知识密集产业系列区分为农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业。十多年来，钱学森先生十分关注沙产业的发展，一直亲自指导积极推动着实践。沙产业与海产业同样，其生产空间地域特征最为明显。干旱荒漠是地球表面独特的地理单元，其自然特征被概括为，气候干燥、植被稀疏、地表组成物粗瘠、盐碱现象严重、风力强劲，但太阳辐射强度大，日照日数多，一般年内日照时数超过1/3。撒哈拉沙漠年日照时数在3600～4300小时成为地球表面日照数最高的区域。我国干旱荒漠地区太阳辐射量及日照时数与湿润区相比有明显优势（表1）。

表1　我国干旱荒漠地区与湿润地区太阳辐射量及日照时数对照表

地区	年日照（h）	年总辐射量（kcal/cm^2）
干旱沙区（内蒙古东部沙地、西部沙漠、新疆北部、南部气象台站资料平均）	3066	159.16
	100%	100%
湿润地区（成都、广州、南京、上海气象资料平均数）	1333	106.18
	43%	66.7%

光资源是形成植物产量的基础因子，植物只有在阳光照射之下，经过光合作用把光能转化为化学能，产生碳水化合物等物质作为植物生物量贮存。干旱荒漠地表辽阔，具有天赋的、充沛的阳光资源，具备了发展农业型产业的要素和提高光合作用效率的本源，潜伏着发展农业型产业的高生产力要素是沙产业的发展空间。但是由于植物的生产量服从最小因素律，生长受最差条件的满足所制约，干旱荒漠严酷的生境下，为提高植物太阳能转化、利用的效率，需要依托科学技术支撑用人工措施改变不利的生长因素，构建起适应环境特点的生产方式，才可发挥地域优势将大片不毛之地打造成新的农业空间。干旱荒漠地域广阔，这个曾被钱学森先生称为第六次产业革命中的“小弟弟”——沙产业，有可能为从未停止繁衍脚步的人类在地球村生活带来希望，在解决人类面临的棘手难题上彰显出独特的价值。

1. 其发展方向将围绕：帮助人类走出饥饿的羁绊

当前，世界人口进入爆炸式增长时期，据美国人口资料局数据资料，世界人口由公元1800年的10亿，用了130年才突破20亿。而由20亿增加到30亿仅用了32年。目前，全球人口正以每年约1.2%的速度增长，据预测，世界人口在2012年将达到70亿。人口暴增出现了生产和生活资料短缺，构成人类自身生存发展和社会经济发展的难题。实现人口高峰期食物安全已成为国际社会及负责任的政府神圣职责，正是基于对粮食（食物）生产所面临困境的认识和了解，许多国家举办“世界粮食（食物）日”活动，以提高人们对粮食（食物）重要性以及由其引发问题严重

性的认识。1996年“世界粮食日”的主题，鲜明地被确定为“同饥饿与营养不良作斗争”。21世纪，人类虽然进入了以智力为首要依托的知识经济时代，但是人类生存发展最基本保障仍呈现着危机。2007年8月联合国粮农组织总干事就曾指出，世界仍有8.54亿人口处于饥饿状态。到2010年处于饥饿状态的人口数有增无减，已过10亿。粮食（食物）短缺将会愈来愈凸显。现实粮食（食物）短缺的严峻事实推动人们，探索扩大粮食（食物）产量和种类，帮助人类走出饥饿的羁绊之路。钱学森先生主张利用天赋的阳光优势，用一切可能的技术手段，最大限度提高植物光合作用效率，使广袤的干旱不毛之地变成人们所需食物的产出地，扩大生产空间，增加食物。应运而来的正是沙产业理念。沙产业是在“21世纪中叶才能开花结果的”，半个世纪时间跨度，科学技术又难以预期的发展。当前，从实际出发，发展沙产业技术路径有两个切入方向：其一，利用现代工程技术在干旱背景下，构建适合作物生长的人工气候环境，其二，利用现代生物技术培养、选育节水高效转化固定光能的优秀生物品种，优化太阳能转化器——光合作用的主体。十几年来，东起科尔沁沙地，西至天山南北的荒漠，都有着结合本地区实际情况，按照沙产业的理念，以“多采光、少用水，新技术、高效益”为指标体系的践行沙产业实例。甘肃河西走廊的戈壁荒滩15年前率先建起沙产业示范带，如今在戈壁荒滩上有超过20万亩的半地下坑道式日光温室，仅武威市，2007年日光温室种植4.23万亩，到2009年发展到13.9万亩。生产着优质葡萄和果蔬，宁夏中卫市在腾格里沙漠南缘，推沙整地，建起数以千计的沙漠日光温室大棚，开辟出发展沙产业的新天地。成功的实践证明着，以“变不毛之地为沃土”作为目标任务的沙产业，为推进农业型产业进步，拓宽农业空间，增大粮食（食物）产出提供了可操作的案例。在干旱不毛之地上以优化光合作用条件人工设施连片组合而成农业型生产基地已形成真正的“沃土”，我们称之为“现代新型绿洲”。

所谓优化太阳能转化器，实质为优选改良进行光合作用的主体——绿色植物，包括高等绿色植物品种的优选和培育。在生物技术、基因工程不断发展的今日，人工培育具有独特功能的植物成为可能。将具有独特功能的植物配置于人工控制的环境下，有可能提高太阳能转化效率，增加产出量。目前我国沙产业科学工作者正在探索选择自养单细胞低等植物微型藻类作优化的太阳能转化器，将微藻工业化生产作为为人类提供“超级食品”的战略目标。微型藻类体积小，叶绿体占据2/3细胞腔，生长繁育迅速，是自养低等绿色生命体，具有利用无机形式的碳和碳水化合物合成高品质蛋白的能力。例如，小球藻的干粉营养丰富，通常含蛋白质45%～58%，碳水化合物20%～30%，脂肪4.5%，以及多种氨基酸，维生素。具有人类健康需求的多种营养的小球藻、螺旋藻，被人们称为“21世纪食品”、“最具潜

能的超级食品。”时至今日，微藻食品的价值已为世人所公认。笔者最近从俄罗斯学者的资料中获知，“在1千克的螺旋藻中含有的可吸收的有益营养物（维生素、矿物质、不可取代的脂肪酸、酵素，等等）”，相当于20千克肉，10千克鱼，6千克奶酪和酸奶油，3.5千克奶油，40个鸡蛋，60升牛奶的总和。微藻生产往往在为某一微藻品种创造最佳的繁殖条件的人工装置内完成。人工装置内，生长环境可控制，可以全天候生产，产品纯净。生产微藻的人工装置可视作为工业生产中的生产单元，生产单元的建立不苛求肥沃的土地，沙漠戈壁、干旱山坡、古河道、住房的平顶以及开阔的水面都可设置微藻生产装置，构建成以微藻生产装置组合而成的特殊绿洲，转变成能为人类提供营养物质的特殊意义的“良田”，真正实现着沙产业“变不毛之地为沃土”和“农业型生产工厂化”的理想目标。今天，当世界上有40个国家面临不同程度的粮食短缺，每年有560万儿童因饥饿和营养不良而夭折，增加食物生产，开发新的自然资源的利用空间，是人道主义义务，也是沙产业服务于人类福祉的最高目标。

2. 将干旱不毛之地打造成天然新药的宝库

人的生命具有崇高的意义和价值。在科学技术高度发展的时代，人们不断探索用科学技术拯救生命、造福人类。当前生物技术的发展已促使农业和药品制造业融为一体，“大自然是新药的宝库”已成为不争的事实。干旱荒漠的特殊自然环境中生长的沙生、旱生、盐生植物，物竞天择长期进化中，形成具有特色的形态结构和生理机制。特别是在强日光辐射下，一些植物种类进行高效率的光合作用过程时，在合成代谢的基础上强化和产生了某些次生合成代谢途径或机制。这些次生代谢物的特有化学成分，具有为人类消除病痛的药用价值。如早为人知的澳大利亚的荒漠地区桉树属，叶内储存有大量含醚的油，此油中有桉树和一些萜烯化合物。我国荒漠中大量分布的苦豆子，种子中含有大量生物碱，包含28种生物单碱，其中金雀碱有强心功能（金正道，2008）。苁蓉甙、皂苷、麻黄碱、甘草酸、黄酮、萜类均产生于分布在干旱荒漠区的植物之中。天然生的沙生沙棘、白刺、沙米、沙葱、沙芥、沙冬青等多富含植物蛋白、维生素及人体不可缺少的镁、锌、锗等微量元素，特别是生长于干旱不毛之地盐湖中的微藻，更富营养，构成了具有弥足珍贵的保健价值的药物宝库。干旱荒漠土壤中微生物分布少，病原菌栖息困难，又无化肥施入的天然净土，成为不可多得的天然药圃。荒漠中药圃建设，实质上是对荒漠植物产生的次生代谢物的开发利用。按沙产业理念要求，要依托于生物技术为主的技术集成；而全部产品生产加工过程，应形成资源——产品——再资源的流程。创造高效率、高附加值和高效益。

十几年来，内蒙古自治区、甘肃等地兴起一批经营荒漠中独特药用资源的开发企业，提取苦参总碱，开发甘草浸膏、甘草总黄酮、异甘草素以及苁蓉苯乙醇苷类、肉苁蓉及锁阳寄生植物，在新疆、宁夏、甘肃的沙区发展很快，如仅甘肃临泽，建设苁蓉种植基地已达5000多亩，成为沙产业的重要内容。但目前一些企业大都把技术运用主要放在生产过程中，忽视对植物的培育。企业原料生产的第一车间，还停留在一般性大田栽植水平，缺少对新技术运用，是今后值得注意的问题。

3. 为生物质能源开发提供崭新前景

干旱荒漠由于地域内有充足的阳光，气候干燥炎热，太阳辐射十分强烈，所以“沙生植物进行的光合作用要比一般地区强烈，且生物合成途径常会发生变异，形成特别的化学成分和特有的生理功能”。有些沙、旱生植物在强光的作用下，进一步进行还原作用合成烃，即类似石油的物质直接产生出代替石油制品。例如，美国加利福尼亚州卡尔温的一种大戟，其植物体内的乳状汁成分近似石油，可称之为地面上生长的汽油植物。据美国西南部和墨西哥西部有关资料介绍，约有数十种植物的乳状汁含有环己烷和乙醇。在当今世界化石能源的蕴藏量逐渐减少的情况下，干旱荒漠中的含烃植物为可再生能源的开发提供了崭新的前景。

干旱荒漠中的有些植物，特别是自养低等植物（微藻类），由于能有效地摄取太阳能，生长繁殖快速稳定，成为储存能量的活材料，蕴藏着能源的巨大潜力。原因是在自养的低等植物藻类群中，除富含蛋白质、淀粉品种外，还存有着富含油脂的藻类，善于把光合作用产物转化成油脂贮藏起来，在细胞内形成油滴。微藻较玉米等其它油料植物有较高的油量产出。例如，俄国专家给出如下每公顷产出油量（表2）

	公升/公顷
玉米	172
大豆	446
芥菜籽	572
向日葵籽	950
油菜籽	1190
油棕	5950
微藻	95000

微藻这一独特的功能愈来愈被人重视。例如，在美国启动“微型曼哈顿计划”，它的宗旨是向藻类植物要油，重新燃起了美国新一轮的藻类生物“原油”研发热潮（王俊鸣，2007）。在倡导这一计划的“点燃燃料公司”的网页上披露，“到2010年让藻类产油工业化，每天生产百桶生物原油”为该计划的目标。

生物质燃料在多样化能源供应中扮演着重要角色。生长在干旱地盐湖的盐藻以及在干旱不毛之地建立起养殖藻类设施“种植”微藻，与用高等植物和作物作为原油生产相比，不争土地和水分，十分值得重视。我国有关部门以及我国从事沙产业研究的专家早已在10余年前开始进行中试规模的微藻生产，为开发生物质能打下实践基础。沙产业作为生物质能源开发产业构想是早在1984年8月，钱学森先生在《创建农业型知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》一文中，对沙产业作出了科学憧憬：沙漠戈壁成了取之不竭的“地面油田”（注：地面油田系指沙漠戈壁可能生长出可以用来提炼燃油的植物），那真是沙业大发展了。

25年前我国杰出科学家钱学森就明确指出，今日，我们除赞叹先生的睿智外，更应按着方向，使沙产业最终会在生物质能源的生产中彰显出它的特殊价值。

干旱不毛之地曾被人以“没有生命的僵尸”、“死亡之海”来描述，让人闻而生畏。生活在沙区的群众也曾以“沙是黄龙，愈治愈穷”的民间谚语，表述了面对一个严峻生境条件，用人定胜天的“英雄旋律”因“治”而得的祸。至今世界上饥不饱腹的人群绝大多数生活在干旱区。2008年，以“防治土地退化和可持续发展”为主题的世界防治荒漠化日时，联合国秘书长在致辞中，特别呼吁“国际社会应认识到，世界上有一半的穷人所居住的干旱和边缘土地并非荒地。那些土地有可能成为农业集约化生产区以满足人类对粮食和能源的需求。”联合国秘书长站在人类社会最高讲坛呼吁，要为解决人类面临难题寻找出路。“使一半的穷人所居住的干旱和边缘土地变成农业集约化生产的土地资源”，这也正是近20年来，我国干旱地区积极的地方领导、热心群众和富有奉献精神专家学者依靠科学的理念，依托人们积累的智慧和技能，使荒芜的土地变成沃土的实践过程。社会发展是以人的生存发展为基础的发展，社会的一切生产活动最终必然归结到人，沙产业以变不毛之地为沃土作为产业目标，结合自然资源的特点，选定应对人口爆炸性增长所带来的食品短缺、能源枯竭以及提高人类健康和生活福祉为未来开发方向，充分展现沙产业服务人类福祉的价值定位，体现了发展科学技术使“所有人蒙利”，“贴近人，为了人”的崇高目标。钱学森先生提出新一次产业革命，农业型知识密集沙产业的科学构想，距今已逾20年，这一预见性构想中蕴涵的深邃理论及实践的可操作性，伴随时间荏苒不断为沙产业实践所佐证，愈来愈展现出服务于人类福祉的理性光辉。当充分认识理解发展沙产业的价值采取行动开拓时，必要认识沙产业生产活动范围是干旱不毛之地，其地域特征同样具有生态脆弱的最大特殊性。人们介入这种领地时，尊重自然规律，与自然和谐共处，是必须要遵守的规范。沙产业倡导者钱学森先生早在1991年12月就告诫我们：“……要尊重地理学规律，沙产业要比农产业、林产业、草产业和海产业突出得多。”“沙产业属于第

六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的”。这些告诫应成为人们践行沙产业理念时应遵从的守则。

2010年5月，于北京

（作者简介见第69页。）

主要参考文献

涂元季，李明，顾吉环编，钱学森书信，北京：国防工业出版社，2007

刘恕主编，沙产业概述，北京：中国环境科学出版社，2001

刘恕主编，步入实践的沙产业，北京：中国环境科学出版社，1998

田裕钊，留下阳光：关于微藻阳光转化器的实践和思考，北京：科学普及出版社，2008

杨文斌等主编，沙漠资源学，呼和浩特：内蒙古人民出版社，2006

刘恕，解读沙产业，北京：科学普及出版社，2009

钱学森沙产业理论及战略意义初探

夏　日

钱学森院士出于强国富民的历史责任心，基于对高科技农业的深刻理解，结合他对内蒙古、甘肃、新疆等地沙漠实际情况的了解，运用系统工程的方法，从历次产业革命推动人类社会发展的高度，提出在中国创建农业型知识密集产业也即农业产业革命的概念和理论，规划、设计了一套完整的战略目标、路线和策略措施，并且认定这是要在21世纪的中国实现的第六次产业革命。

产业革命是在人类社会发展过程中随着人们生产实践、社会实践和科学技术的不断进步“由生产力发展而导致的生产体系和经济结构的飞跃，所以产业革命的巨大变革既包括生产力也包括生产关系。”[1]每次产业革命都推动了经济社会的发展进步，惠及全人类。第六次产业革命也不例外。

钱老把农业型知识密集产业按照主要生产活动分为五大类，即农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。其中沙业产业也即沙产业的概念最新鲜，产业创建最困难，其战略意义也最突出，因此钱学森的农业产业革命也即第六次产业革命理论也最集中，最深刻地体现在沙产业理论中，“我想沙产业实际是农产业的节水高技术化”。[2]理解认识了沙产业理论及其战略意义，也就应该理解认识了农业产业革命的理论及其战略意义。所以，我想首先谈谈沙产业理论的战略意义。

一、沙产业

钱学森院士在阐述了“农业型的产业是指像传统农业那样，以太阳光为直接能源，靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。”一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代科学技术，新的技术革命，都用上了。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。之后，在论述到沙产业时指出，“最后一门农业型的知识密集产业是利用沙漠和戈壁的‘沙业’。”[3]结合对沙产业的其他论述，可以把沙产业定义为：沙产业就是在“不毛之地”的戈壁沙漠上，充分利用充足的阳光能源等有利条件，推广使用节水技术，搞知识密集型的现代化农产业。而且一开始就搞产业化，形成生产、

加工和销售一条龙，并注意综合利用。

沙产业是一个系统工程，“系统工程就是从系统的认识出发，设计和实施一个整体，以求达到我们所希望的效果。”“系统工程是要改造自然界系统或创造出入所要的系统。”[4]沙产业是在沙漠戈壁和沙漠化（以下简称沙漠）土地资源上，依据规律，从系统的知识出发规划设计出来的一个能够扬长避短的新产业。因此，我们把沙产业的基本内涵叫做规定性内涵，也是沙产业的本质特征：

（一）沙产业的载体或地域是沙漠。沙漠是一种土地资源。地处干旱半干旱半湿润地区，气候干燥、降水少，但有一定的降水，因为蓄水性能好，又不易蒸发，地下有一定的储水；阳光充沛，日照时间长、积温高、温差大；风大且多；常说不毛之地，实际上不是什么也不长，除极个别戈壁以外，大多数生长一些小植物，甚至有其它地区不易见到的珍稀动植物，特别是珍贵药材，其中也有大小不等的绿洲湿地。内蒙古西部的巴丹吉林、腾格里、乌兰布和、库布其沙漠腹地都有不少湖泊，有的是盐碱湖，有的是淡水湖，还有鱼虾虫藻生存。世界驰名的梁外甘草和内蒙古肉苁蓉就出产在这里。发展沙产业就是要适应沙漠土地的特点，扬长避短，多用光、少用水，要用科学技术经营管理，要把治理蕴含于开发之中，要有严密的组织，不能造成新的破坏。

（二）沙产业的主体是种植。要通过植物的光合作用吸收转化太阳光能，制造植物蛋白、碳水化合物、脂肪等有机物质，以此为基础展开多种养殖、多层次加工、深化开发、综合利用。科学技术的发展和大量的实践结果，一是发现、筛选和培育出很多适合沙漠化土地种植的兼具很高生态价值和经济价值的乔、灌、草、药、果、蔬、菌、藻品种，如木本油树种文冠果、接种苁蓉的梭梭、接种锁阳的白刺、甘草、苦豆子、沙棘、沙柳、沙地柏、饲料桑等，二是发明了有效改变植物生长微观环境的设施和办法，如大棚设施，果蔬菌藻药都可在纯明沙中大棚种植。栽培养护技术都越来越成熟，随着生物工程等科学技术的发展还会有更多的适沙、耐旱、抗风种植品种育成并加入到沙产业中来。至于直接利用沙区充沛的太阳能、风能发电和沙矿等的利用，也可以服务于沙产业，但这些都是非农业型沙产业。

（三）沙产业的重点是种养加科工贸一条龙的产业化链条。第一步生产是种植。把植物有机产品加工成各种用品、食品、油品、药品、饮品和饲料，再用饲料进行优良畜禽鱼虫及微生物等多品种配套养殖，因为是沙漠沙地，必须实行集中工厂化饲养（舍饲）。对这些养殖，畜的毛、绒、皮、肉、奶、油、骨、杂，“杂”的心、肝、肺、脾、肠、胃、肾、胰，禽的肉、蛋、羽、杂等，按其有用成分和功能，根据不同用途和需要，再分门别类进行综合加工，多层次循环利用，而且还要

不断的研发新产品和拓展产品的新用途，不断地开发生物工程技术，不断地形成新的产业链。禽畜粪便可养鱼、养蚯蚓、养蘑菇。蚯蚓可以做饲料蛋白添加剂。鱼塘泥、菌榜渣直接做肥料。加工后的有机废物入沼气池，沼气可以照明，取暖、做饭、发电，沼气液和渣是高级有机肥料可为植物施肥。总之，要尽量多地插入中间环节，充分利用光合作用的有用产品。增加生产加工环节不但延伸了产业链，还能为科学技术创造用武之地。生产加工环节多，科学技术就用的多，产值就增加得多，太阳光赋予人类的财富就转化利用的多，直至用光用尽，沙产业无废品。沙产业的如此循环加工，需要一定的投入，总投入较高，但产出和效益更高，创造的财富会更多。沙产业产品都应该是有机绿色无污染的，加工后可以直接进入国内外市场销售。沙产业是一个高投入、高产出、高效益、多效益、长效益的产业。

（四）沙产业的关键是知识密集。需要并且可以把人类发明创造的所有相关社会科学、自然科学和工程技术成果都直接或间接地用上，解决节水、抗旱、防风固沙、充分利用阳光、优良品种培育、丰产高产技术、产品深度开发、综合利用、科学加工以及组织管理等问题。知识密集程度决定沙产业的发展发育成熟程度，也决定沙产业对人类贡献的大小。

（五）沙产业的发展保证是运用系统工程的技术和方法经营管理。沙产业系统工程，除了本身的产业系统以外，还有相关的配套服务系统。从对沙漠环境的认识防治到利用管理，从种植的品种选择培育到栽种模式、浇水施肥、收割管护，从饲草的最佳收割时间、饲草料加工配方、储藏饲喂到养殖的多品种选择配套、良种选育、饲养管理模式，从种养产品的加工、综合利用到最终产品的储运销售，从各类人才的培养教育、开发人力资源到科学技术的研究试验试点示范推广，从沙产业体系、服务体系到产业集群、组织结构、管理体制机制和小集镇建设，从水电路运建设到市场开拓，等等。这样一个复杂的巨系统，没有一套严密的组织管理是绝对达不到最佳效益效果的，系统工程给了我们科学管理经营和组织协调的方法与技术。

以上五条，是沙产业的规定性内涵，也是本质特征，是沙产业必须有的本义。既是构成沙产业必须具备的最终条件，又是衡量沙产业必须遵循的最后标准。非如此，不能发展成为高级阶段真正意义上的沙产业。坚持以上五条标准，必须做到“多用光、少用水，新科技、高效益”，做到“长链条、无废弃、市场化、可持续”。前四句是沙产业的技术路线，后四句是沙产业的产业原则。

我们从沙产业的规定性内涵和基本特征中不难看出，沙产业是利用沙漠土地集约化高效益经营的产业，能使沙漠增绿，沙漠资源增值，沙区农牧民增收，企业增效，政府增税；形成生产发展、生活富裕、生态良好的良性循环；是西部地区尤其

是沙区，消除贫穷，建设全面小康社会，实现人与自然和谐相处的保证。解决了沙区人民的生产生活问题，同时也就解决了造成沙化的破坏源问题和防治沙漠化的根本问题。发展沙产业和防沙治沙乃至防治荒漠化是一致的，形成沙产业必然形成植被同时防治了沙化，防治沙化只要用生物工程并选择有很高经济价值的植物品种也必然会形成沙产业。

我们从沙产业的规定性内涵和本质特征中不难发现沙产业的基本功能：一是创造财富集约化经营的经济功能，二是防沙治沙、防治荒漠化的生态功能，三是运用科学技术的载体功能，四是省水、省地、省资源的节约功能，五是产业、人口、科技集群的集聚功能，六是减排增汇无污染的绿色功能，七是取之不尽、用之不竭的资源再生功能。

二、沙产业理论的战略意义

（一）沙产业理论引领知识密集型农业产业革命的实施实现

钱学森院士在1995年10月26日致资深沙漠及沙产业专家中国科协原书记处书记刘恕信中说：“我特别感到鼓舞的是沙产业在甘肃省地方领导支持下，人民努力开发已现良好前景。……这将是我国社会主义建设中的壮举！”“我想武威、张掖的同志实际是开创了一个新型产业，在缺水但阳光丰富的地区，用高新技术搞农副业生产，达到高效益。……那是不是给我们一个启示：农、林、草、海、沙，这五大用阳光和生物的产业都要运用高新技术创造出一套前所未有的新产业。……一个真正知识密集型的农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业将要在人类历史上登上舞台了。而这是从小弟弟沙产业做起的！高新技术将引发人类历史上的第六次产业革命！中国人可以当带头的！”[5]

知识密集型农业产业的五大类中，农产业和林产业发展历史最长，关系人们衣食住行，社会相对比较重视，尤其是农产业直接关系人们吃饭穿衣的温饱和生命延续。但传统农业经营粗放、知识含量低、加工环节少，产业化程度差，产出率不高，产品勉强维持人们直接使用，没有多余产品和经济实力、科技知识实施深度加工，多层次利用。虽经多次产权制度和经营体制的改革，提高了人们投入生产的积极性，但无论是政府，企业还是个人的投入，仍然是主要解决直接使用的产量、数量。仍然是低水平生产、低层次加工，没有更多真正的产业化。草产业也同样，人们把对自然草场的放牧，视作天经地义，有些投资也多为改善设施，补贴牧民，被动式保护生态，没有更多积极的方式。农、林、草产业都有一个自然经济的传统思想，传统模式，传统习惯和固有的环境条件难以突破。而沙产业却不然，是全新的

沙漠观、全新的理论、全新的起点，条件又特殊，为要达到生态效益、经济效益和社会效益三效兼顾的目的，就需要按照钱老的沙产业理论去做。实践的结果是刚起步就取得了“沙漠增绿、农牧民增收，企业增效的良性循环”。[6]而且得到了胡锦涛总书记、温家宝总理的充分肯定。胡总书记在2008年元月19日看望钱老时说：“前不久，我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察，看到那里沙产业发展的很好，沙生植物加工搞起来了，生态正在得到恢复，人民生活水平也有了明显提高。您的设想正在变成现实。”温家宝总理在1995年担任副总理期间就曾指出：“钱学森同志和宋平同志提出在我国西部戈壁沙漠发展沙产业、阳光农业，这些重要的理论和意见值得重视。一些地区的成功实践充分说明办好这件事不仅有经济意义，而且有社会和生态意义。”沙产业在起步初期就为农、林、草产业做出了示范，成了知识密集型农产业的引领者。

（二）沙产业理论开启了充分利用可再生资源，可持续发展的新时代

人类的生存发展，前提是有适宜生存的生态环境，包括阳光能源、温度、水份、大气、土壤和无机盐等必不可少的生物因子，以及这些因子相互作用下产生的植物、动物、微生物。还有一定量的有助于发展的矿物质资源，如化石能源、金属、非金属等。上述种种都可以统称为有利于人类生存发展的自然资源，是大自然和地球家园恩赐予我们的生存环境、原始物质财富和创造财富的物质条件。正因为有了这些自然资源，人类才得以产生、生存和发展。但这些资源，总体上是有限度的。一是一次性矿产资源储量有限，用完了就不会再生，就其矿物原料而言，只能使用一次；二是阳光、大气、土地和水份一般的讲是永久性的，可谓取之不尽，用之不竭；三是植物、动物和微生物资源可再生，但是生产这些生物质的土地和水的生产能力是有一定限度的，超出限度，其再生能力就会下降，直至消失，同时转变为危害因素；比如，对森林、草原乱垦、乱采、乱挖、过牧造成的荒漠化和耕地退化、水土流失就属此类。

人们生活的好坏和贫富、在生产力发展的一定阶段，取决于对一次性资源占有的多少和利用的程度，取决于对永久性资源和再生性资源利用的好坏和程度。原始社会的人类，既不懂得占有，也不懂得自觉利用，人们的财富是均等的；随着人类的发展进步，劳动有了剩余，逐渐有了占有、利用的意识和能力，但没有科学合理利用的本事，加上人口的爆炸性膨胀和近几百年来殖民主义战争的破坏及对殖民地的掠夺，人类对自然资源的利用，变成了破坏。人口、资源、环境危机，开始威胁人类的发展和生存安全。生态破坏，资源浪费，荒漠化蔓延，土地生产力下降，饥饿人口增加，贫困化扩大，干旱加剧，河流空气污染；环境恶化，气候失常，环流紊乱，灾害频发，人类正在遭受大自然空前的“报复”。

内蒙古、甘肃省的沙产业实践，证明是正确科学的钱学森沙产业理论，开启了人类充分利用可再生资源，可持续发展的新思路，为人类克服“危机”指明了方向和道路。要转变对自然界掠夺、征服和破坏的错误行为，采取对自然界的补偿、投入和顺应的办法，运用迄今为止人类发明创造的一切科学技术，在提高可再生资源生产能力的基础上提高投入产出率，提高资源和产品的利用率，利用沙漠等荒漠化土地为我们开辟新的优势产业，增加新的经济增长点，增加取之不尽的食品、油品、药品和用品等财富，替代和节约一次性矿产资源和化石能源，在恢复和提高自然资源的利用效果的同时，修复和治理受重创的生态环境，修好人与自然相互依存、相互补充、相互服务的关系，走向人与自然和谐相处的新时代。

（三）沙产业理论创造了世界走向和谐、和睦、和平的一个新条件

人类一路走来生活得很不容易。初期是幸福的，但因为能力低下，人常常如同草木，任大自然宰割。中期越来越进化，越来越有本事，越来越有了劳动剩余，却出现了少数剥削阶级，在漫长的奴隶社会和封建社会里，大多数人又如同牛马，被剥削被压迫被愚昧，而且饱受战乱之苦。人民劳苦一生，却不得温饱，过着无尊严无幸福的非人生活。进入近现代，科技发展越来越快，本来可以让全人类都能享受科学技术带来的进步和福祉，但却被少数国家的统治者所把持。先富起来的少数国家，凭借他们手中的军舰大炮，为了他们的私利，到处推动殖民主义发动侵略战争，疯狂掠夺殖民地国家的财富和资源，残酷屠杀镇压被奴役国家人民，把世界上大多数人民推到了更加悲惨的水深火热之中，使殖民地或半殖民地国家的发展推迟了近两个世纪。正是这些国家和地区，在惨遭侵略、掠夺和奴役，推迟发展的同时，国土生态环境遭到了双重的严重破坏，现在世界上的第三世界发展中国家，在19～20世纪基本上是被侵略、被掠夺、被破坏过的国家。

我想说的是，基于历史上的侵略战争绝大多数都是为了扩疆掠地、掠夺财富、抢占资源。现在钱学森院士提出的沙产业理论和知识密集的农业型产业革命理论，为我们创造了一个消除贫穷、走向富裕、实现和谐、和睦、和平的新条件。可以用科学技术开发自己国家的荒漠化土地创造财富，解决资源不足的问题，并且保证人类可以永续利用、可持续发展。那些一次性矿产资源总会有用完的时候，到最后还是要靠农业资源解决生存发展问题。把发动战争的经济、技术和人力资源，用在和平开发利用自己的生态环境资源上，也为人类和自己国家的人民减少或避免一些人为灾难，特别是战争灾难。战争也是破坏生态环境的元凶之一，战争和荒漠化制造贫穷制造灾难，沙产业和农业产业革命消除贫穷防治荒漠化。各国的政治家和掌权者们应该把自己的才能、智慧用在和平建设上，用在和平竞争上，用在推动人类进步和幸福上。运用钱学森理论，在自己的国土上创造新的财富、避免掠夺战争、还

人民幸福。在消除贫穷共同富裕的基础上实现全世界的和谐、和睦、和平。

综上所说，钱学森沙产业理论实际也是荒漠化理论，意义深远，作用伟大，我们自当带头、不断弘扬，为后人、世人出点微薄之力。

作者简介：

作者系全国政协十届政协常委、民族宗教委员会副主任、中国系统工程学会草业专业委员会副主任，内蒙古沙产业草产业协会会长。

原载内蒙古政协办公厅主办的《政协经济论坛》2010年12月31日第4期83～93页。

注释：

[1]参考《钱学森书信》，国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版，1984年5月30日致中共中央党校政治经济学教研室吴键信

[2]参考《钱学森书信》，国防工业出版社出版发行，2007年5月第1版，1984年5月30日致中共中央党校政治经济学教研室吴键信、1998年9月5日致刘恕信

[3]参考《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》《钱学森论沙产业、草产业、林产业》，西安交通大学出版社，2009年12月版

[4]参考《智慧的钥匙——钱学森论系统科学》，上海交通大学出版社，2005年4月版

[5]参考《钱学森论沙产业、草产业、林产业》，西安交通大学出版社，2009年12月版

[6]参考《钱学森论沙产业、草产业、林产业》，西安交通大学出版社，2009年12月版，钱学森2001年5月30日致赵永亮、郝诚之信

钱学森知识密集型草产业理论对西部开发的贡献

郝诚之

一、大草原没成为经济新优势，问题出在哪里

知识密集型的草产业理论是著名科学家钱学森先生1984年6月28日在《内蒙古日报》上发表专论《草原、草业和新技术革命》时首先提出来的。后《人民日报》1985年3月7日全文转载。1985年4月，钱老在中国草原学会和中国经济学术团体联合会举办的“中国草业问题研讨会”上，发表了题为《中国草业产业》的讲话，阐述了他对大草原没成为我国经济新优势的思考，深刻分析了我国“草原亮出黄牌”和草业不被重视的原因及后果。

我国是一个草原大国，拥有各类天然草原近4亿公顷，居世界第二位，约占全球草原面积的13%，占国土面积的41.7%，是耕地面积的3.2倍，森林面积的2.5倍。草原与土地、森林、海洋一样，是重要的战略资源。丰富的草原资源为我国草业提供了巨大的发展空间和发展潜力。

为什么曾经养育过一代天骄的草原帝国，后来竟变成需要国家输血的荒漠之地？是新中国领导不知情、不重视吗？否！且不说20世纪50年代中央就有一系列加强牧区工作的政策规定。60年代刘少奇主席、朱德委员长视察内蒙古呼伦贝尔草原，明确要求“开荒与保护草原有矛盾时，要服从保护草原”。朱德同志还留下了充满自豪的诗句：“三大草原两失败，我国草原依然在；保护东北大草原，富及子孙唯所赖。”就是“文化大革命”后的70年代，邓小平等中央领导也多次强调“种草为主，发展畜牧业”。如1978年8月，邓小平同志即指出：“种草比种树容易，种草可以防止水土流失，也可养牛养羊，比种地富足。”1980年5月，邓小平同志在《关于农村政策问题》的谈话中强调：“像西北的不少地方，应该下决心以种草为主，发展畜牧业。”1983年1月，中共中央在《关于当前农村经济政策的若干问题的通知》中指出：“我国的畜牧业，特别是发展牛羊等草食动物，潜力很大。认为粮食不过关，畜牧业就无从发展的看法是不符合实际的”，“发展畜牧业，实行农林牧结合，反过来又会促进农业”。1984年3月，中共中央、国务院在《关于深入扎实地开展绿化祖国运动的指示》中规定：到本世纪末，“力争种草面积达到5

亿亩，使退化、沙化的草场逐步得到恢复和改良”。1987年8月，国务院更在《批转全国牧区工作会议纪要的通知》中指出：“牧区要坚持以畜牧业为主、草业先行、多种经营、全面发展的方针”，进一步确定了草业的地位。

钱老回忆说：“1983年秋，胡耀邦同志在西北视察，提出在甘肃省等西北地区发展农业生产要因地制宜，首先种草种树。这个号召给我很大启发，使我认识到农业还有得从种草做起的地方。在农业和林业之外，还有一个草业。国家有农业部、林业部，没有草业部，而我国草原面积是农田面积的三倍多，约有43亿亩，怎么能忽视草业呢？”钱老说，为什么“党的十一届三中全会以来，中共中央、国务院和中央领导同志有许多关于种草和建设草原的指示，而草业仍起步艰难”？他深入研究内蒙古等地的情况后发现：“不重视草业是因为它的产值很低，所以就附带着包括在农业中，不值得单独列出”。他从时任内蒙古党委第一书记的周惠同志1984年发表在《红旗》杂志第10期的文章《谈谈固定草原使用权的意义》读到了如下统计数字：“在内蒙古自治区，共有13亿亩草原，1947年到1983年这37年中，畜牧累计产值100多亿元，折合每亩草原年产值平均才0.2元多。这的确比每亩农田的年产值小得多，只有个零头！”钱老简直不敢相信自己的眼睛，这和国外的差距太大了！纵观世界现代农业经济的发展，以农业为主的西方现代化国家无不以草业为重要基础产业。新西兰、澳大利亚、加拿大、美国是典型的草业支撑现代化的农业自不必细论，就是100年前的欧洲，如英国、比利时、瑞典、丹麦、法国、意大利等国，也是以草业为平台实现了农业现代化的。他们都把草地和优良牧草看作是“绿色黄金”（英）、“上帝恩赐之物”（法）、“立国之本”（新西兰）、“绿色银行”（美）。

为什么我国的草地资源利用水平落后到如此地步呢？草业知名专家任继周、洪绂曾、李毓堂等分析认为，一是由于社会历史的原因，观念陈旧。二是不按规律办事，掠夺性开发。三是靠天养畜，生产经营方式落后。四是体制性、结构性矛盾突出。五是没有专门的国家管理草业的机构，管理不到位。目前我国草地资源优化管理开发水平比世界经济发达国家落后半个世纪以上。20世纪30年代以后，世界经济发达国家在社会发展战略、机构设置、投资预算和科教事业发展中都把草地资源的科学开发摆上重要位置。他们通过严格执法，围栏化保护，科学轮牧，合理利用，不断改良和大力兴建人工草场（占到草地总面积的30%～80%），使草地生态和生产力达到很高水平。而我国对草业发展认识不足，草原保护与利用矛盾突出，长期投入不足，科技支撑不够，支持保障体系很不健全。我国北方草原家畜平均超载36%以上。草原生产能力下降，平均产草量较20世纪60年代初降低了1/3～2/3。全国90%以上的可利用草原不同程度地退化、沙化、盐渍化。自20世纪50年代以来，全

国累计约2 000万公顷被开垦，其中近50%撂荒成为裸地或沙地。

钱老在与有关部门领导的接触中感到了问题的严重。1989年1月，钱老在给国务院领导同志的信中谈了自己的担忧和扭转局面的建议："不久前原农业部副部长、老农业科学家杨显东对我说'60亿亩草原草地比耕地大四倍，是我国极大的一笔财富；可惜现在已沙化20亿亩，如不大力拯救利用，是我们的罪过'。"钱老认为管理好草原是"社会主义中国的一件大事"，要有专门的国家管理机构，"不能放在眼前工作十分繁忙的国家农业部去管"。预言"将来到21世纪，国家会有草业部"。

很多人认为，中国人重粮轻草，主张素食，是几千年的传统使然。其实在中国农耕为主的黄河文化、长江文化之外，还有爱草重畜、崇尚自然的草原文化，三者共同构成了中华文明的主源。中华民族的祖先既有神农氏，又有伏羲氏。其中伏羲氏就是"畜牧之神"，驯养五畜离不开草。"农业之神"神农氏曾经"遍尝百草，而后知五谷可食"，"日遇七十二毒，得茶而解之"，茶也是草，都说明我们的先人十分重视草。汉字写成的《神农本草》就是我国战国时代的第一部药物学。三千年前我们的先人仓颉造字时，繁体字"華"是草字头。中华民族把草顶在头上，这是何等根深蒂固、源远流长的草崇拜！反映审美观念的"美"字是由"羊"字和"大"字构成，认为"羊大为美"，也说明先人对草和食草动物的偏爱。古代牛用来祭牲，羊代表吉祥。号称"亚圣"（孔子是圣人）的孟子就说过，在春秋时代"五十者可以衣帛，七十者可以食肉"。即年过半百才可以"穿好的"——帛，古稀之年才可以"吃好的"——肉。不是中国人生来素食，而是农业收成不稳，生活艰难，"劳力者"只能"乐岁终身饱，凶年免于死亡"而已。只是从渔猎、游牧时代进入农耕时代，"天涯何处无芳草"变为"斩草除根"，对草的鄙视才逐步发展为对畜牧业的轻视。农业精耕细作，牧业只取不予，使草原的比较优势丧失殆尽。

1988年2月，钱学森先生发现有份内部材料上写着"我国人民吃肉不能靠草原"。理由是新中国成立"三十年来的统计数字说明，草原畜牧太困难，不如在农区搞肉吃"，继续大养其猪。钱老对此种说法很不以为然："照此说法，我们讲的草产业就走不通了。我看说这种话的人是目光短浅，看不到现代科学技术的强大威力，草原就不能进入良性循环吗？"钱老认为，"广大干部受历史发展的限制，总以为草原是取之于自然的，天经地义，用不着去经营，也不愿去经营。加之草原属国家所有，即全民所有，怎样才能同牧民的畜牧承包制结合起来，做到草畜经营统一，长期未能解决。因此牧民的积极性调动不起来"。改革开放以来，他高兴地看到，"在内蒙古牧区推行了草场划分到户（组）提取草原管理费、牲畜作价归户适当提留的生产责任制，也就是草畜经营统一的生产责任制。这个认识问题现在终于得到解决"。

2002年12月18日，钱老在给内蒙古沙产业、草产业协会领导杨利民、夏日同志的信中深刻地指出："江泽民同志在十六大报告中讲到西部大开发问题时提出：'积极发展有特色的优势产业'。内蒙古的优势产业是什么？我认为就是沙产业和草产业，这是内蒙古新的经济增长点。只要内蒙古的同志紧紧抓住了这两大产业，真正建设成知识密集型的沙产业和草产业，内蒙古的社会主义现代化建设就会迈上一个新的台阶，内蒙古的生态环境也会得到改善。"

二、草产业就是草业系统工程，变生物转化链为资源增值链

钱老倡导的"草产业是以我国北方大面积草原为基础，以种草、牧草开始，用动物转化，多层次深度加工，包括食品工业、生物化工等综合利用的知识密集型产业"，是利用阳光、通过生物，依靠科技、延伸链条、面向市场、创造财富的草业系统工程，又称知识密集型的草产业。而"草业系统工程实际是草产业的组织、经营、管理的学问"。

钱老1984年就指出："怎样利用现代科学技术发展草业？还得从利用太阳光这一能源做起，搞好光合作用，也就是要精心种草，让草原生长出大量优质、高营养的牧草。"这第一阶段可以称为是通过阳光，把二氧化碳、水、叶绿素转化为植物蛋白的"过光转化"过程。钱老说，"太阳光是一个强大的能源，在我国的地面上，每平方厘米每年有120～200大卡的能量，也就是每亩每年接受太阳的能量相当于114～190吨标准煤"；"限于水和肥料的供应，限于光合作用必需的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，上述巨大太阳光能只有很小一部分转变为植物产品。这个比例不到百分之一，常常只有千分之一"。"就是变成植物产品了，光合作用生产的产品，人也不能全部直接利用。就以粮食作物来说，籽实在干产品中占不到一半，其他百分之六十是秸秆"。而通过饲料作物和牧草喂养牲畜转化，情况就好得多：牲畜把草变为乳、肉、皮、毛、绒、内脏、骨杂的过程，就是通过消化器官把植物蛋白变为动物蛋白的"过腹转化"过程，这是第二阶段。把动物蛋白经过现代设备"流水线式的生产"和科学管理进行初加工、深加工、精加工的"过机（器）转化"过程，是第三阶段，得到食品、药品、纺织品等合格商品。商品通过市场营销网络、全程服务、品牌打造，形成核心竞争力，变为"增了值的货币"（马克思语），则是个"过市（场）转化"的过程，属第四阶段。上述"四过转化"是草产业"绿化——转化——产业化"流程中的关键环节。构成了"高效益的""草畜工贸四结合"的，以工农衔接、城乡一体、上中下游关联为特征的，面

向市场的，现代化的完整的产业体系，类似于“种养加”、“产供销”高度综合的“龙型经济”。

钱老强调：“草产业的概念不仅是开发草原、种草，还包括饲料加工、养畜、畜产加工。最后一块也含毛纺织工业”。钱老1992年1月1日收到李毓堂研究员《草业系统工程的理论与模式》的研究报告后，回信说：“知识密集型的草产业可否用一句话来概括？即：这个草产业要最有效地把草原、草地上的太阳光能，首先通过植物，然后动物的转化，再加水资源、能源及其他工业材料的投入，最后产出的是直接上市场零售的商品。所以是草业加深度加工业。”钱老在给多位专家的信中讲了深加工的类型，如：“日本人曾发现，把畜类的骨头磨成粉浆，可以制成‘骨头豆腐’，既营养，又可口”；“充分利用农牧产品，也可开设制革厂”；“将肉食制成塑料袋装直接上市，畜脏可提药者直接制药，下脚入饲料”，强调“这样才是草产业，经济效益一定很高”。

钱老看到王明昶研究员的专著《草业系统工程理论与应用研究》后，欣慰地说：“利用系统工程的草产业，实是以草原为基地的草、牧、畜加工、饲料工业、畜产制药，以至皮革制品，商贸的综合性产业体系，所以要用系统工程来组织经营。”“这样草业系统工程理论与应用研究在一起步就应考虑：根据全部科学技术成果，有什么可以为草业系统工程利用的？眼光放开，‘种’如何改进？‘养’如何改进？‘加’如何改进？‘产、供、销’如何改进？只有这样才能考虑到下个世纪实现第六次产业革命的宏图。”

钱老在《草原、草业和新技术革命》的专论中，详细论证了如何用现代科学技术和现代市场观念将草原生物转化链转变为资源增值链。他用系统工程的思想，勾画出了面向未来、极有创意的新结构图。如从精心种草、饲料加工、工厂化饲养、畜产品综合加工，到利用畜粪种蘑菇、养蚯蚓、沼气发电、残渣养鱼、废液还田；从草业综合生产基地、定居点、现代“草业新村”（即小城镇），到县域经济、通讯电视、政治文化教育中心；从中长期规划到分步实施；从综合利用到人与自然、社会和谐发展，都是珠联璧合的整体设计。

实践证明，钱老1984年关于内蒙古牧区草业系统工程的论述，是具有中国特色自主知识产权的、有全球眼光、战略思考、系统工程思想的第六次产业革命理论的重要组成部分。它围绕一个“省”字，走资源节约再生的循环经济之路；突出一个“链”字，走“农工贸一体化”、“草、畜、工、贸四结合”的龙型生态经济之路；强调一个“转”字，坚持“一层接一层，一环扣一环”，走新型的涉农的工业化的集约经营之路；追求一个“增”字，走技术创新、成果集群、系统耦合、文化衔接、效益迭加的知识经济之路。

三、遵循西部特殊规律，科学破解“三农”问题

2000年3月28日，钱学森先生给中央领导同志的信中谈了他对西部科学开发的建议，重点是用草产业、沙产业的新思路破解“三农”、“三牧”问题，用科学技术帮助农村、牧区的人民早日富裕起来。

钱老说，我过去在搞“两弹一星”试验时，常去西北地区（包括甘肃、新疆、内蒙古等）出差，对那里的自然条件、生态环境、经济发展和人民生活的状况是了解的。他认为新中国成立以来，我们已经搞过两次西部大开发，成绩不小，但不尽如人意的地方也有，值得认真反思。他说，据我所知，解放后西部地区曾有过两次大的建设，一次是（20世纪）50年代，苏联援建156个项目时，有些重大项目建在西部和西北地区；另一次是60～70年代的三线建设。这两次建设无论从资金的投入，还是从科技的含量和人才的荟萃等方面来看，其水平和力度都是相当可观的。这些建设推动了西部的发展，但并未从根本上改变西部地区的落后状况。究其原因，我认为是这些建设并未和西部的经济基础，即农业的发展结合起来。所以，其结果是少数工业项目上去了，但广大农村的广大人民仍然是贫穷落后的。所以我感到，西部的开发虽然是全面的、综合的，但仍然要以农业的发展为基础。只有这样，才能从根本上改变西部地区的贫穷落后状态，也才能改变西部地区的生态环境。

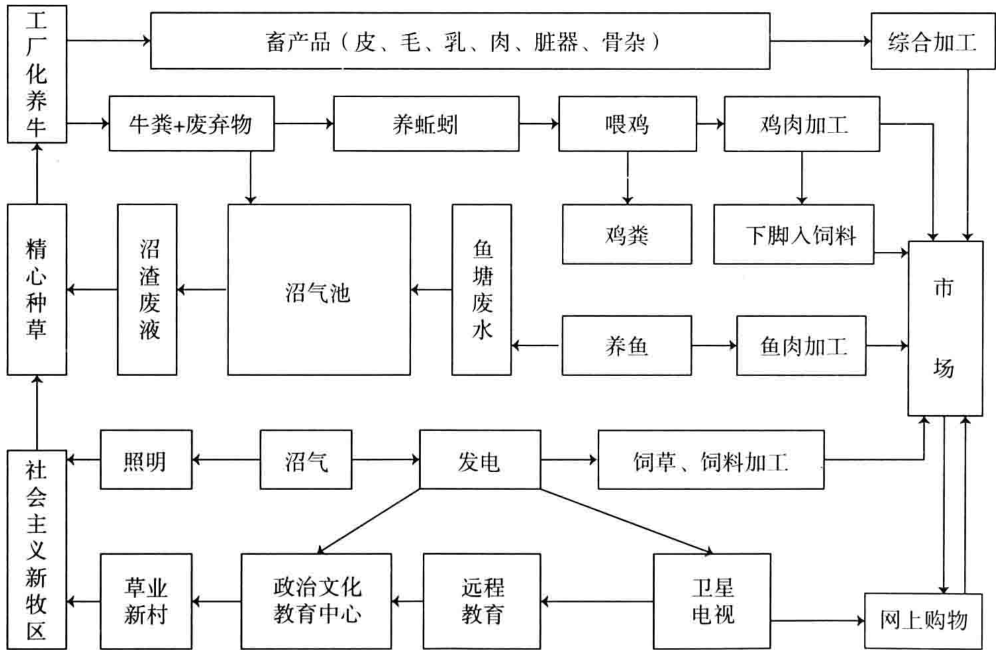


图1　钱学森草业系统工程示意图（郝松伟绘）

我国西部的三农问题，说到底，是农业如何增加效益，农民如何增加收入，农区、半农半牧区和牧区如何稳定。边疆安才能国家安。国家长治久安靠的是农民、牧民安居乐业，钱老早在1993年11月，就在给原甘肃省副省长、中国科协副主席刘恕的信中说过："因为中国西半部有众多的少数民族，他们同亚洲西部、亚洲东南部国家的居民有共同语言、文化传统，一旦中国西半部的社会主义建设搞好了，对他们必定有重大影响。这是世界社会主义的大问题！"西部是我国大江、大河的源头，也是沙尘暴的主要源头。西部范围主要是边疆地区，民族地区和贫困地区。西部大开发，要解决的是东西部发展不平衡。生态是重点，沙漠化防治是难点，牧区、沙区少数民族群众早日脱贫致富是焦点，突破口是产业化，发展草产业、沙产业是最现实的科学的选择。

钱老说，"要搞好西部的农业，我想也应该有新的思路。因为西部，特别是西北部地区，其自然条件与东部和中部地区有很大差别。所以不能用东部和中部搞农业的传统办法和常规手段去抓西部农业，将来的西部农业也不可能是现在东部农业的翻版。"科学的发展观一是要按规律办事，二是要从实际出发，三是要保护环境，四是要以人为本。怎样才能使西北地区的农业走出困境？钱老说："西北地区是大片戈壁沙漠，大约有16亿亩，和我国农田面积差不多。戈壁沙漠干旱少雨，但干旱少雨的另一面是阳光充沛。这是西北地区农业发展的不利和有利条件。问题是我们过去对不利条件看得重，故侧重于'治理'，搞植树防沙、堵沙等。这是对的，也有成绩，但有点消极。对阳光充沛这样的有利条件，则没有注意从积极的方面去利用和开发。1984年，老科学家基于对高科技农产业的理解，结合西北地区的特殊情况，提出了在我国西北地区要建设沙产业、草产业的观点。他说："我相信，我国的畜牧业将会有一个大发展，为全国人民提供丰盛的肉蛋白。这就是我提出草产业的指导思想。"

1984年6月钱老就对内蒙古自治区带头抓草产业寄予厚望。他在《草原、草业和新技术革命》一文中指出，内蒙古有13亿亩草原，如果"下决心抓草业"，"可是件大事"。因为"农田少，大约才七千万亩，而草原面积却是农田面积的十八倍还多，所以草业的产值完全可以大大超出农业的产值。一旦内蒙古带好这个头，全国的草原利用好了，草业兴旺发达起来，它对国家的贡献不会小于农业"。

1994年，内蒙古半农半牧区的乌兰察布市响应钱老号召，在深刻总结多年来单纯生产粮食经验教训的基础上，冲破旧的思想观念束缚，提出了"进一退二还三"的化解三农问题的新的发展方略，即建设一亩水浇地，退两亩旱作坡耕地，还林，还草、还牧。从1994年至2000年，共退耕1200万亩。同时，充分利用灌木林和牧草优势，大力发展舍饲畜牧业。试验六年，在耕地缩减1/2的情况下，粮食总产从6.4

亿千克增加到11.5亿千克；人均占有粮食由1994年的250千克增加到600千克，牲畜头数从380多万头（只）增加到1 200万头（只），纯增67. 7%，农牧民人均纯收入从745元增加到1838元，农牧业生产由广种薄收、粗放经营走向了精种高产、集约经营。他们“为养殖而种，为出售而养”的结构调整、大胆改革、政策创新，为后来中央实行的“退耕还林还草”工程提供了经验。一是推动了农牧业生产经营方式的转变，实现了精种、精养、高产、高效。二是推动了产业结构优化调整。通过退耕还林还草工程，发展了农区畜牧业、草产业、林产业及相关的加工业。三是促进了农村剩余劳动力的转移就业，规定补助期8年，给部分离开土地的农民提供了极可贵的缓冲期，为他们向二、三产业转移打下了基础。四是树立了科学发展观，有了以人为本、产业扶贫、科技兴农、生态生计兼顾的新思路和自信心。人们越来越深刻地感到，“人民科学家”钱学森先生一生的追求是八个字：志在强国，心在富民。他不但为“两弹一星”事业做出了巨大贡献，而且以创新理论指导着第三次西部大开发的科学进行。钱老说：“我们在21世纪实施西部大开发战略，自然起点要高。所以我提出的林产业、沙产业和草产业，都强调是知识密集型的，要把现代科学技术，包括生物技术、信息技术都用上。而且一开始就搞产业化，形成‘生产、加工和销售一条龙’，并注意综合利用。这种高技术产业化的农业，实际上已和工业及经贸、服务等第三产业结合起来了，所以可以做到对农业生产实行工厂化管理。由此发展起来的小城镇，已大大缩小了工农之间以及城乡之间的差距。”

党的十六大把增强可持续发展能力、改善生态环境、提高资源利用效率、促进人与自然和谐发展，作为全面建设小康社会的重要标准。钱老产业化、工业化、城市化“三化互动”的思想，逐步得到有关部门及高层的理解和认可。钱老离开一线工作后，密切关注着我国西部民族地区破解“三农”、“三牧”问题的草产业雏形的涌现和成长，强调了生态小康的重要和必不可少，验证与完善着自己提出的知识密集型的草产业理论和相关设计。

钱老1995年8月深有感触地说：“我注意到近日来报刊对治沙有不少消息，一方面有人民中的实干家，另一方面有地方政府中的积极领导干部，两者‘结合’了，草产业和沙产业就‘启动’了，在内蒙古自治区已有好几处治沙有成绩，要推动他们向草产业、沙产业发展。”

地处鄂尔多斯高原黄河南岸、库布其沙漠东缘的内蒙古东达蒙古王集团，响应钱老号召，在高耐旱、高耐寒、高抗逆的沙生灌木林——沙柳基地内推广立体种植，推行灌木、牧草间作；并开辟工业用途，创新“沙柳制浆配抄涂面箱板纸”工艺，做到了沙柳产业化的综合利用，兼顾了生态、造纸、环保、扶贫。2001年5月30日，钱老看到集团总裁赵永亮和笔者的专题报告后，复信说：“我认为内蒙古东

达蒙古王集团是在从事一项伟大的事业——将林、草、沙三业结合起来，开创我国西北沙区21世纪的大农业！而且实现了农工贸一体化的产业链，达到沙漠增绿，农牧民增收，企业增效的良性循环。我向您们表示祝贺，并预祝您们今后取得更大成就！”

四、由理论创新到科学决策，抓好“西部21世纪的大事”

为了推动内蒙古自治区在我国草产业发展上走进前列，1984年6月以来，钱老通过多次书信，指导内蒙古自治区带头抓草产业“建设试点”，认为“先从奶、肉、毛、绒四个类型做起很好”。据内蒙古自治区政府发展生态畜牧业调查组报告，在伊利、蒙牛和北京三元、上海光明等乳业龙头企业带动下，形成了以呼和浩特市、包头市、呼伦贝尔市为中心的50万头高产奶牛养殖基地；在草原兴发、科尔沁等龙头企业带动下，已形成通辽市、赤峰市肉牛育肥养殖基地；在小肥羊、小尾羊等龙头企业带动下，正形成锡林郭勒盟、兴安盟、呼和浩特市、巴彦淖尔市农牧交错区的1000万只育肥肉羊基地；在鄂尔多斯、鹿王、维信等知名企业带动下，已形成鄂尔多斯市、巴彦淖尔市、阿拉善盟绒山羊基地；在亿利资源、伊泰生物高科等龙头企业带动下，已形成鄂尔多斯市200万亩药用甘草基地；在宇航人高科技公司等龙头企业带动下，已形成呼和浩特市100万亩沙棘原料基地等，都卓有成效地辐射带动了周围广大农村牧区的经济发展。其中伊利、蒙牛两大乳品企业2005年加工乳品已占全国的1/4，年销售收入200亿元，也占全国乳业销售收入的1/4，双双托起了内蒙古自治区首府呼和浩特“中国乳都”的辉煌。伊利、蒙牛已跃居中国乳品企业的龙头老大和老二，前者规模最大，后者速度最快，都是股票上市公司、中国驰名商标，都创造了十个以上的“中国第一”。呼和浩特市领导说：“乳业已成为呼和浩特市的支柱产业，两大龙头企业不但为呼和浩特市贡献了1/3的国民生产总值，行业同比连续数年居全国37个大中城市之首；而且直接、间接创造就业岗位，帮助50万户农牧民脱贫致富，人均增加收入近千元。”

中共中央总书记、国家主席胡锦涛2003年1月2日视察蒙牛乳业集团通辽分公司时说：“内蒙古13亿亩草场，中国人均一亩，河套平原、西辽平原各拥有800万亩水浇地，退耕还草；这既有资源优势，又有市场需求，还有这样的龙头企业，何愁不能全面达小康！”2006年4月23日国务院总理温家宝给重庆草产业企业留言：“我有一个梦，让每个中国人，首先是孩子，每人每天喝一斤牛奶。”6月2日在内蒙古听伊利、蒙牛两大企业汇报，对“实现全民族‘每天一斤奶’的目标，迎接中国乳业第二个春天”的提法很感兴趣。

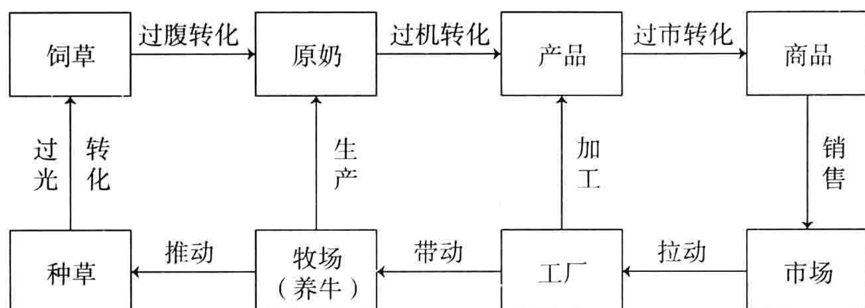


图2　内蒙古蒙牛集团草产业链示意图（卢俊绘）

内蒙古自治区现在正实现着“三个历史过渡”；一是从游牧业向定居畜牧业过渡；二是由自给自足的自然经济向商品经济过渡；三是由靠天养畜向建设养畜、科学养畜过渡。半农半牧区和农区正在由自然放牧向舍饲轮牧转变，由种、养分离向种、养结合转变，由输出原料向输出成品转变。雄辩地证明，只有由数量增长型向质量效益型转变，由饲草业、草坪业为行业目标向“草畜工贸四结合”、“种养加销一条龙”的产业目标转变，才是我国北方大草原重振历史雄风、创造时代辉煌的根本出路。

在换一种思维认识草原、草业、草产业时，只要变对抗为兼容，变单一为多样，变“输血”为“造血”，信心就显著提高了；生存动力、政策动力、市场动力三结合，效益就显著提高了。内蒙古草产业的健康发展表现为区域化布局明显，专业化实力增强，生产经营的集约化程度明显提高。畜牧业综合生产水平已稳居全国五大牧区之首。牛奶2001年产量占全国的10.15%，居第三位；到2005年产量占全国20%，已跃居第一位。与20年前相比，内蒙古自治区牲畜数量仅增0.7倍，但肉类总产量增加6.2倍。羊绒稳居全国第一位，“鄂尔多斯羊绒衫温暖全世界”的广告词已家喻户晓。草地生产率、劳动生产率和牲畜的群体出栏率、个体生产力都显著提高，畜牧业产值占全区农林牧渔总产值的比重已达38. 9%。全区农村牧区规模养殖户23万户，产肉占全区总产量的33. 5%，产奶占28.3%，产毛占26. 4%，说明农牧民向养殖的集约化、规模化发展的步伐明显加快。

内蒙古的草产业发展已出现了“八大变化”：一是由专家试点到农牧民实践，二是由农牧民个体经营到龙头企业带动，三是由资源简单转化到产业链延伸，四是从小基地示范到大集团加盟，五是从产业营销到名牌打造，六是从名不见经传到企业家军团出现及民营企业家挑大梁，七是从实物运营到资本运营及国际财团直接融资，八是由分散活动到内蒙古沙产业、草产业协会等行业组织发挥中介作用，以组织化保证产业化。

从1984年钱老应约给《内蒙古日报》发表专论，希望内蒙古在草产业的推动上给全国带头，到2006年3月，内蒙古自治区把“大力发展林产业、草产业、沙产

业”列为重点，写进“十一五”规划，历时22年。这是对国情认识的升华，对西部认识的飞跃。它的示范作用必将进一步彰显出来。

既然沙产业、草产业作为“西部21世纪的一件大事”（钱学森给新华通讯社田聪明社长的信），立起了一座里程碑，那么我们有理由相信，一枝独秀终将唤来满园春色，钱学森先生第六次产业革命的曙光必将普照中华大地！

作者简介：

作者原国务院发展研究中心上海发展所研究员，中国系统工程学会草业专业委员会副主任，内蒙古《政协经济论坛》执行主编，内蒙古沙产业草产业协会副会长。

本文载内蒙古《政协经济论坛》，2006.3期。

“中国第六次产业革命”未来发展趋势探讨

董智勇、谢联辉（2011年8月6日）

我们是接受钱学森院士重托，首批参与“开拓沙产业”促进“中国第六次产业革命”的成员。在钱老的亲自指导下，由刘恕同志在第一线组织起一批志士，艰辛奋斗20多年，宣传了中国“第六次产业革命”思想，卓有成效地为沙产业发展做了大量前导性的开拓工作。

我们不会忘记2008年1月19日这一天，胡锦涛总书记去看望钱学森时说：“前不久，我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察，看到那里沙产业发展得很好，沙生植物加工搞起来了，生态正在得到恢复，人民生活水平也有了明显提高。钱老，您的设想正在变成现实。”这是总书记实地考察后，对钱学森“中国第六次产业革命”思想的肯定，也是给钱老“金色晚年”追求的慰藉。

特别是在“十二五”规划开局的2011年，《人民日报》就“阳光绿色产业”推出了一批典型报道，进一步验证了钱老前瞻性思考——“中国第六次产业革命”的必然发展趋势。

钱老关注的沙产业（其中包括草产业）已经取得了阶段性成果。2011年6月29日《人民日报》刊登的《宁夏回族自治区中卫市从“人进沙退”到“点沙成金”》纪实通讯，第一句话就明确指出：“上世纪80年代，在中国版图上俯瞰西部广袤贫瘠的荒原，钱学森道出了一个惊世预言——西部中国16亿亩沙漠戈壁，将会为国人每年生长出几千个亿！只需要一条途径：发展沙产业”。国家林业局于2010年12月3日已经向全国林业部门提出了“关于进一步加快发展沙产业的意见”，指出“加快沙产业发展是沙区转变经济发展方式的必然要求”，由于“特色产业”的产业链不断延长，产值不断增长，“据不完全统计，近几年我国沙产业年产值逾千亿元”；2011年6月26日国务院下发的《关于进一步促进内蒙古经济社会又好又快发展的若干意见》强调：“加强沙地沙漠综合治理，在京津风沙源治理工程建设中继续把内蒙古作为重点。启动重点地区防沙治沙专项治理工程和沙化土地封禁保护区建设，推广实用技术和模式，鼓励发展沙产业。”

钱老企盼的海产业（蓝色经济）已经启动。2011年3月26日《人民日报》以《我国首个以海洋经济为主题的区域发展战略，瞄准“海陆统筹”——再造一个“海上山东”》为题，报道了“山东省政府与12家大型商业银行和6家保险公司签

署了战略合作协议，蓝色经济区内的7个城市签署了23个重大项目合作协议，总投资2549.4亿元，相当于山东每年投资总量的1/10。这意味着，我国第一个以海洋经济为主题的区域发展战略，引擎已轰然启动。”

钱老预示的农产业已经在江苏省迈出坚实步伐。2011年3月25日《人民日报》报道：从去年江苏省实施“现代农业加快推进年”，到今年拟定“现代农业重点突破年”，全省上下以前所未有的决心与举措，赋予农业现代化全新动力与使命——“农业若要可持续发展，只有扎牢基础。用先进装备武装农业，才能提高农业生产的可控性，改变传统农业‘望天收’的被动局面，实现农业产业的转型升级”，全国重要的经济大省、工业大省江苏，同样也可以成为“全国重要的粮食大省、农业大省”。

更为可喜的是，全国第一个全新概念的林产业模式已具雏形。据人民网、新华网报道，由董智勇、谢联辉以科技部业务主管的国杰老教授科学技术咨询开发研究院为平台，组织专家先后用6年之久组建的“杜仲工农复合型循环经济产业链”，已由中国社会科学院社会发展研究中心申报为“国情调研重大项目”，于2011年7月13日在河南汝州奠基，一个从“种植示范园”到“综合利用研发中心”的第一个杜仲林产业园，将在汝阳落成。

联系这一连串的报道，我们在认真学习胡锦涛总书记“七一重要讲话”的同时，重温钱老有关“中国第六次产业革命”论述，加深理解了把“阳光绿色产业”思想，纳入国家“十二五”规划战略产业的紧迫性；特别是在国家重要转型关键期，国家科技部和有远见的地方政府，把“阳光绿色产业”与发展“科学技术业”构想接轨，纳入国家推进“三农”工作有序变革的重要性。

今天，在胡锦涛总书记视察鄂尔多斯市沙产业3周年之际，举办纪念钱学森诞辰100周年活动，回顾这位伟大科学家、未来战略发展导师上世纪八十年代初步入“金色晚年”后，为中国共产党建党100周年、中华人民共和国建国100周年提出的战略性思考，更觉得具有划时代的意义。我们借这个会议，就如何推进“第四产业——科学技术业”与“阳光绿色产业”接轨，谈几点探讨性意见：

一、科技部和有远见的地方政府，要把开创“第四产业——科学技术业”，作为支撑迅猛发展的农、林、海、草、沙五大农产业的主体力量，不能因受传统思想的禁锢再次延误发展时机。

上世纪八十代初，钱老从国防科工委领导岗位退居第二线后，敏锐地针对20世纪70年代世界相继两次发生的能源危机，为中国21世纪中期提出了实现“第六次产业革命”的前瞻性思考，亲自写了上百封信与农林部门领导同志和专家学者进行研讨，而且五次直接致函给国务院分管农林工作的负责同志，恳请“开展第六次产业

革命的试点”，可惜因囿于部门管理的条条分割，农林领导部门没有把这项战略性的产业纳入重要议事日程。钱老只好用自己获奖的100万元港币、一位华侨捐赠支持沙产业的30万元港币，于1993年11月8日成立了“促进沙产业发展基金”[1]，组织起一批“志士”在甘肃、内蒙古等地区的市县，开展迎接“中国第六次产业革命”的引导性工作。由于这项战略性的产业未然纳入政府工作的主渠道，因而丧失了20多年的最佳发展机遇期。

今天，中国的“第六次产业革命”冲破部门条条分割、块块管理的樊篱，已经形成了不可阻挡之势，建议科技部和有远见的地方政府，启动和推进“科学技术业”，给各地正在形成的农、林、海、草、沙五大农产业“发力”。

二、冲破我国“科学技术工作分散”的禁锢，建议科技部和有远见的地方政府，为迎接“第六次产业革命”浪潮，开展“科学技术业”试点。

钱老曾一针见血的指出：国家对科学技术体系的认识是分自然科学和社会科学，所以国务院各部委的职责分工，国家科委不能管社会科学，但工作中又遇到一些社会科学问题，怎么办？结果，国家科委设立了一个软科学研究指导委员会。钱老认为，提出这个软科学的概念，“都是人为分块建制造成的”[2]。

正如1991年钱老在中组部、中宣部等联合举办的“讲座”上指出的：“国际间的争夺，主要依靠的是科学技术。基于这样一种形势，我们必须把科学技术工作摆到一个非常重要的位置上。而我国的科学技术力量并不弱，而且中国人聪明，为了充分发挥科学技术力量在社会主义建设中的作用，我建议建立我国的一种第四产业——科学技术业，作为今天的一项重大的战略决策。因为总结过去，中国在那么困难的条件下搞成了‘两弹’，其中一条重要的经验是组织得好。现代的重大科学技术不是一两个人能够干成的，甚至不是一两个单位能干成的，要靠组织，所以组织工作是一个相当重要的问题。美国人现在就自感组织工作不如日本。我们目前也存在一个有效组织问题，科技界单项成果不错，但集体力量的发挥就不够。为了解决科学技术工作分散的问题，迎接21世纪的挑战，我建议请中央考虑建立科学技术业”，“科学技术业并不是要取代现有的机构，如中国科学院、中国社会科学院、高等院校的科研机构等，而是要把他们的成果组织起来，而且用组织起来的手段协调全国的科学技术工作”[3]；是要求根据农、林、海、草、沙“五大产业”的不同需要，把一些跨部门、跨行业的成果组织起来形成高效益的产业链，通过试点的办法，引导、支持和支撑迅猛发展的“第六次产业革命”健康、快速发展。

三、建议科技部开拓“科学技术业”信息平台，运用定性定量相结合的综合集成方法，建立研究、分析、解决经济社会问题的机制。

钱老认为“技术革命以及它所引发的产业革命，对组织管理问题提出了更高的

要求”[4]。钱老强调：“为了建设中国的社会主义事业，必须把科学技术作为第一生产力。具体的办法就是建立科学技术业。科学技术业包括：（1）我国现有的科技力量，包括各种科研院、研究所等；（2）为了进一步将这些科技力量组织起来，建立各种科技专业公司，组织开发各种新技术，出技术成果，出专利；（3）为了将这些新技术成果尽快在生产中得到应用，要建立各种综合系统设计中心”[5]。所以，建立科技信息平台，倡导定性定量相结合的综合集成方法，是推进经济社会自我完善和发展，在经济、社会领域形成相互衔接、相互联系制度体系的重大举措；也是以更宽的视野、更高的境界、更大的气魄，研究、分析世情、国情、党情深刻变化，向中央提供解决经济社会重大问题的科学决策平台。

四、建议科技部和有远见的地方政府，把研究发展“阳光绿色产业”系统工程纳入战略性任务，创建知识密集型农业产业链，用试点引路，推进“三农”工作有序、快速变革。

钱老分析：“以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，到21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因重组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。这次产业命的实质是以太阳光为能源，利用生物（动物、植物、菌类）、水和大气，通过农、林、草、畜、禽、菌、药、鱼，加上工、贸等，形成新的知识密集型产业[6]。”这种“大农业产业”构想，将迎来三个拐点：一是以粮食、木材单一效益为主要取向的农林经济，转向以植物叶、皮、果、花、枝、干、汁等整体效益为取向的高效循环经济；二是把解决中国能源问题，逐步转向到紧紧依靠“植物光合作用高效转化太阳能”的基点上；三是重新审视中国接受阳光的农田、林地、草原、海洋、沙漠五大类型地球表层，极大地开拓发展“阳光绿色产业”的空间。

接受这种全新概念的“大农业产业”构想，农林部门需要有个思想转轨过程，而在这个转型关键期，正需要科技部和有远见的地方政府，用“试点”做好前导性的工作。

五、在改革开放三十年和“后危机时代”的十字路口，科技部和有远见的地方政府，应该勇立时代潮头，敢于变革，引领阳光绿色产业有序发展。

随着国家经济实力的增强，每年中央财政投入农林科研、项目扶植的费用多达数百亿、数千亿元。关键是要善于运用钱老“阳光绿色产业”思想，积极策划，在地县政府的领导和支持下，把这笔国家巨额资金用好，并形成高效滚动发展的态势。中国社会科学院社会发展研究中心申报的“国情调研重大项目”——杜仲综合开发林产业园，就给我们展示出一种发展模式。目前这只是第一个“产业园”起步，而中国需要千千万万个“产业园”，由于立地条件不同、气候环境不同，农、

林、海、草、沙五大产业“密集知识”的需求也不同，就是因为这些“不同”，给了我们无穷的“用武”之地，现在关键的是：科技部和有远见的地方政府敢于勇立时代潮头，敢于变革，敢于引领阳光绿色产业有序发展。

六、鄂尔多斯市是一个“勇立时代潮头，敢于变革”的政府，胡锦涛总书记对这里的开创性“阳光绿色产业”作了充分的肯定。我们认为，这个市的人民，完全有实力、有能力，在“中国第六次产业革命”中发挥更大的作用。

已经实现经济社会跨越式发展的鄂尔多斯市，充分发挥190多万人口的才智，在8.7万平方公里面积的土地上，创造出年生产总值超过2600亿元的效益，地区综合实力位居全国地级市的20位，成为全国改革18个典型之一，是一座具有深度开发价值的巨大宝库，其经济实力可称为“中国的新加波”。

下面我们就鄂尔多斯市未来战略发展定位，提出三点建议：

1. 顺应全国正在形成的“第六次产业革命”发展趋势，运用钱老倡导的“阳光绿色产业”思想，创建以乔、灌、草综合利用为主体的知识密集型高效循环产业系统。

这就需要鄂尔多斯市领导班子有远见、有胸怀，接纳高科技团队根据当地需求，共同打造知识密集型高效循环产业链，并通过试点建设适度产业园，大力发展有机饲料业，确保一方“民生”，为当地和社会提供更为丰富的肉、蛋、奶；积极发展以“木粉”为主要原料的“木塑建材”业，以改善一方“民居”条件；瞄准具有战略开发价值的“生物能源”、“生物医药”、“杜仲橡胶”等产业，为就业广开门路，为民众增收。在引领鄂尔多斯生态经济深度发展的同时，发挥产业园辐射作用，加速把“三北”地区建成人与自然、经济与社会“和谐共融”的边疆；推进“阳光绿色产业”模式，构建起与东北亚、中亚等国开放合作的平台。

2. 依托“密集知识”的理念，实现“绿色资源”与“黑色资源”叠加，创建节约型的“高效能源新产业”。

正如民歌中唱的：“要问咱鄂尔多斯美不美，请看咱准格尔露天的煤”。确实，这座“黑色金山”正在给这方人民带来长达200年左右的开采“红利”。现在的关键是，能否把天赐的这种不可再生的化石能源“红利”，给子孙后代再延续200年！鄂尔多斯市运用钱老“沙产业”思想，已经使库布其、毛乌素两大沙漠的治理率，分别达到70%和23%；恩格贝、七星湖成为沙漠绿洲；“十一五”期间，全市建成沙产业原料林基地2200多万亩。现在国家给这里提出了更高要求：鄂尔多斯市在“十二五”期间，能否遵照国务院[2011]21文件精神，“密集”国内外现代科研成果，有效地推进地上生物质资源与地下煤碳资源的综合深度开发，打造一个“节约型能源利用新模式”，这将是时代给予的企盼和考验。

3、遵循生态、环境、经济、社会、道德、团结、奋进的基准，唱响“元明清”直至改革开放30年“中华民族上千年文化”的主旋律。

公元1000年至2000年，是中华民族为共生、共融、共存、共荣，团结奋进，文化底蕴最为丰满的一千年。我们建议：以内蒙古的鄂尔多斯市伊金霍洛旗成吉思汗陵园、锡林郭勒盟多伦县汇宗寺，以北京的故宫、明十三陵、圆明园等，以河北的承德避暑山庄、遵化县清陵等众多近代遗迹为主线，与民国、抗日、共和国的百年现代史迹接轨，与“适度规模的阳光绿色产业园”、“生物能源、化石能源综合加工节能新型模式”，促进“元、明、清”900多年、“民国、抗日、共和国”100年的文化“联姻”，建成“产业科技文化园”带，这样不仅可以加大鄂尔多斯市、锡林郭勒盟等内蒙古东部地区开发、开放的力度，而且可以把这种具有巨大开发潜力的“产业科技文化园”带，融入京津冀首都经济圈，开拓出一个具有丰厚产业、科技、经济、社会、文化价值的“品牌大产业”，彰显出区域生境建设的自然性、环境容量的合理性、构成因素的协同性、和谐社会的承续性、经济发展的高效性。

我们今天代表科技部业务主管的国杰老教授科学技术咨询开发研究院、科技部认定的“国家级技术转移机构”——中国农业科学院技术转移中心，在这里表个态：愿为这项伟大的事业，尽心尽责。

（作者简介见编委会成员介绍。）

（2011年8月7日，在纪念钱学森诞辰百年暨胡锦涛总书记发表沙产业重要谈话三周年理论研讨会上的书面发言。）

注释：

[1] 参考《促进沙产业发展基金1994—2004》，中国环境科学出版社2005年11月出版第9页。

[2] 参考上海交通大学出版社2007年出版的《创建系统学》第154页

[3、4、5、6] 分别引自上海交通大学出版社2007年出版的《创建系统学》第157、202、158、200页

回望实践 感悟真知

——关于防治沙漠化问题的思考

刘　恕 2005年2月

（一）

干旱和沙漠地区是地球表层上具有独特自然特征的地理单元。近百年来，伴随着人类经济活动的加剧和人口数量的增加，在这里出现了危及正常生产和生活的旱灾和土地荒漠化问题。负责任的政府和社会志士仁人，在最近几十年中，竭尽力量与之抗争。20世纪中叶以来，国内外出现的以改善人类生存条件，改造自然环境的大型整治工程和行动方案，反映了人们的认识水平和时代特色。这些史无前例的人类向大自然抗争的实践活动，客观上提供了认识自然、了解规律的课堂。回望内中的成败得失，系统地感悟和反思这些付出了宝贵的时间和巨大的人物资源为代价的实践，能使人们从中获得启迪和教益，把握真知，理智和乐观地面向未来。

（二）

回顾几项人类改造自然工程的始末，从实践的得失中感悟真知

1. 上世纪中叶以来，人类社会曾动员了巨大的人力和物力资源，策划和发起了以改善生存条件和改造大自然为目标的大型措施。本文将就其中作者切身体验的发生在世界上不同的地点和时期，并有内在共同特征的三项重大措施予以回顾：

（1）“伟大的斯大林改造大自然计划”

1948年10月20日，前苏联部长会议和联共（布）党中央委员会根据斯大林的提议，通过了《关于为保障苏联欧洲部分草原和森林草原地区高产及稳产，营造防护林、实行草田轮作、修建水库和池塘的计划》决议。这个以营造防护林带为主框架的宏伟措施规定，1950至1965年间在苏联欧洲部分的南部和东南部的分水岭和河流两岸营造大型的国家防护林带系统，总长度5320公里，面积11.79万公顷；农场和集体农庄的田间，营造防护林570.9万公顷；绿化固定沙地32.2万公顷。最终的目标确定为“向旱灾进攻，并彻底战胜旱灾，获取农作物高产、稳产”，通常称之为“伟大的斯大林改造大自然计划”。

幅员辽阔的前苏联，受自然资源水热条件的制约，几乎三分之二的谷物生产在赌运气的耕作区；40%的耕地上年降水量不足400毫米。气象要素的年际变幅明显，旱灾频繁。自然条件是生产不稳定和作物低产的天然背景。研究俄国农业的权威沃林（Lazar Volin，1896～1966）认为，德国学者施穆勒（Gustav von Schmoller，1838～1917）所说，“从1500年到1850年，当时欧洲的重大社会问题就是农民问题。”对于20世纪的苏联仍然是适用的。粮食安全始终影响着苏联的政治稳定和经济发展。早在1924年7月，斯大林就曾经写信给著名诗人、词作家别德内，表达向自然宣战的宏伟愿望：“在将来保障摆脱旱灾的偶然性”。“我们考虑事业开始时，起码要构筑一个土壤改良的楔形防线带，萨马拉——萨拉托夫——察里津——阿斯特拉罕——斯塔夫罗波里。为了这个事业准备1500万到2000万。在下一年再转向南方的省份。这将是我们农业的一场革命的开始——对旱灾的鞭笞，结果会成为把农业提升到高水平，保障我们国家永远地摆脱天气的偶然。”

摆脱严酷自然条件的愿望本无可厚非，从计划的实施到今天，时差超出了半个世纪，尽管计划实施地的社会风貌和景象几度嬗变，斯大林改造大自然计划依旧残留在人们的思维概念和观念之中。纸上的蓝图却没有变成了土地上的林带，自然环境和气候条件也未能按照人们的意愿接受了改造，粮食也没有由之稳产高产。1999年，在《荒漠开发问题》杂志上刊登了扎伊钦科记述俄欧洲部分东南部自然环境现状的文章，文中写道：“大约在150年间俄罗斯欧洲部分的东南部开始积极农业开发。”“到20世纪初，草原植被类型和自然地带特征遭到破坏。在150年的过程中，景观中的农业比重占87～96%，耕地达40～86%。割草地和天然林减少。从而引起了水土流失，冲蚀沟快速发育。近百年内形成的侵蚀沟占全部沟长的40～80%，其中30～60%是最近的40～45年内形成的。”“草原景观消极变化的重要原因是在世界农作历史上史无前例的共持续了7年（1954～1960年）的生荒地和熟荒地的开垦。过去40年中，受侵蚀的土壤扩大了60%，其中片蚀和沟蚀的占20～25%。在紧实母质上的表土层翻耕诱发了风蚀，致使10～12万公顷成了贫瘠的石砾质、沙砾质土地。水土流失的副作用在草原上呈现为连锁反应。大河及其上游支流的河床变窄。淤积了小河和坡面上的泉眼，原有的在顿河和麦德维季查河高阶地上的小湖也消失，水面面积减少了1.5～2.5倍。过境河流河间地上的地下水位持续下降4～6米，形成了一些生产率很低的盐碱地。开垦草原使许多景观消失：河泛地、积水小沟，高地上的林间草地，稀树茅草并杂生多种植物种的草原，小树林，灌木丛，湖盆，沼泽地……150年前的60%的种已经消失。”

这个曾经动员了千百万人向自然进军的壮举，至今已成为陈年往事，不再引起人们的兴趣。但是，这个付出了巨大代价的人类改造大自然工程，却能为过来人、

旁观者留下实事求是地用事后诸葛亮的视角回顾往昔，获取启示和教益的空间。

（2）《内蒙和西北地区治沙规划方案》

1958年10月28日，在呼和浩特召开了新疆、内蒙古、甘肃、青海、陕西、宁夏六省、自治区治沙规划会议。即全国第一次治沙工作会议。会议形成了《治沙规划汇报提纲》并制定了《内蒙和西北地区治沙规划方案》。规划中将“须争取在十年以内全面地改造利用沙漠，实现全面绿化，变沙漠为牧畜业和林业基地，改良土壤，改变气候”作为规划目标。强调“认为沙漠不能根本改造或把改造沙漠当作与社会主义和共产主义建设无关的悲观、消极思想是错误的。不能设想共产主义时代，还存在着不断危害人类的沙漠，而不使之变为伟大的工业基地和畜牧业林业基地，供给人们以无限的宝藏”。对治沙任务的解释为：“关键在于做到全面有植被（有草有木）和基本控制流沙，使之成为固定的沙地。”《方案》中还引入了具有当时特色的浮夸数字：“解放以来，……据不完全统计，内蒙及西北地区共造林2114万亩，种草263.6万亩，封沙育草4704万亩，插风墙24440公里，引水灌溉沙漠95万亩，土压沙丘14546亩。”“今春（即1958年春）在河西走廊每日动员70万人造林，短期内完成306万亩，使绵长1700公里的防护林带，今年已完成67%。”

在特殊年月里形成的治沙规划方案中，激情和梦想成了指导工作的方针，铸就了其必然落空的后果。呼和浩特治沙会议半个世纪后，中国的沙漠依然维持着原来的格局，腾格里、巴丹吉林、塔克拉玛干沙漠没有被消灭。被当时树立为典范的被沙枣林带环绕着的民勤绿洲，由于石羊河流域大面积扩大垦殖农作，进入绿洲的水量减少；加上地下水无度超采，地下水下降10～20米，导致13万亩人工种植的沙枣林枯死，35万亩白茨和红柳天然植被处于严重退化衰败状态。10多万亩耕地、60万亩林地沙化，400万亩天然草场退化，水质恶化，成为绿洲荒漠化的典型。值得注意的是，在其后的岁月里仍然有时出现规划中的习惯性提法和雷同用语，形同于习惯势力，仍会影响着后来者的思路。对形成在特殊年代中的第一次治沙会议的文件和行动作事后评估，并不是自命不凡数落前人；而是当事实已经表明了原本认识上的不实际、不科学时的反思；是珍视实践和时间为代价换来的真知；是尊重先行者留给我们的财富。

（3）内罗毕联合国荒漠化会议的《行动纲领》

1972～1974年的伴随干旱袭击而至的荒漠化，席卷了撒哈拉沙漠以南边界地上的国度，造成几十万人死亡，损失了一半家畜和200万头游牧牲畜，600万以上的生态难民流离家园，成为除了两次世界大战之外，近百年人类生活中最悲惨的事件，促成了内罗毕联合国荒漠化会议的召开。根据1974年联大通过的特别决议，1977荒漠化会议针对的是土地荒漠化（Desertification）问题。为准备大会，先后参与科学

考察、试验研究、论证方案的人高达230万，耗费百亿美元，提出了数以千计的报告、论文集和专著。1977年8月25日到9月17日，93个国家的代表团，78个非政府组织，1500多人与会，其中世界知名专家800人。会议制定了为抗击荒漠化共同《行动纲领》，提供了大量指导性技术材料和文件，汇总了世界各地区、各种不同类型的典型个案，提出了优先考虑的措施，确立了国际合作的框架……。但是，内罗毕联合国荒漠化大会之后过去了20多年，纲要中列举的扼制土地荒漠化的措施，无论是非洲的“绿色坝”建设，还是为振兴萨赫勒地区国家经济，发展畜牧业解决畜群疾病和改善供水两大关键方案，均未获得预期的效果。例如，赞助国提供兽医技术，联合国组织在非洲萨赫勒地区无水草原上实施“打井活动”，使牲畜头数稳定增加，但在新建的水井周围，由于牲畜的强度践踏啃食，成为寸草不生的沙砾地。本为治理荒漠化的打井活动，促成了新的荒漠化圈的形成和扩展。当地牧民说，水多了，但草少了。从1987年国际组织果断地中止了打井援助计划的执行。联合国荒漠化会议后的几十年中，几乎在所有的专门会议上，都一致认为，土地荒漠化的总体状况没有好转，而且有扩大趋势。曾主持了苏联沙漠研究所工作30多年的著名沙漠专家巴巴耶夫1994年2月在阿拉木图的一次国际讨论会上公开讲：“遗憾的是，当代的生产方针，包括原理、技术和工艺，不能保证荒漠区土地开发的质量和效益，不管是为了在这种条件下解决人类生活问题，还是为了维护自然环境”，道出了人们对防治沙漠化的迷惘。

2. 这些兴师动众延续多年的重大改造大自然的行动，业已成为过往的事实。当一些亲历过事件的人，回顾史实并通过经历的变化、演替、更迭的对比，能够感悟、领略到一些发人深省的启发。人为措施作用于自然界所引起的反馈，需要较长的时间才得以显现。因之，在和自然打交道的事业中，很难有人能够精确地预测未来，但却可以透过历史行程的轨迹准确地说明过去，道出前因后果，看清是非曲直。这种源渊于历史启迪的知识，对于今天的人们，是迫切需要的知识财富。回望实践，事实启示我们：

（1）自然界具备固有的规律和不容违背自然属性恣意干预、任意打扮的品格。在人与自然的关系上，人们总是把征服自然、改造自然作为人类行为的主导。上世纪50年代初期，站在“伟大的斯大林改造自然计划”大幅彩色挂图前面，感受到的是人类意志征服大自然的宏伟气魄，认为这才是划时代的伟大创举，预示着人定胜天、必能“改天换地”！这种信念波及于大众之中，形成了一种近乎宗教式的虔诚和培植了根深蒂固的观念。需要回顾历史，用事实说话，改变人们的观念。前段赘述的事实告诫我们，既使出自于良好的动机，又有强大的物质力量，像统帅过千军万马的斯大林，企图用对付敌人的征服手段，“永远地摆脱天气的偶然”，也没

有达到目标效果。事实证明，自然界的自然现象，包括大气环流、水热分布等，不能按照人类的意愿改变，自然规律也是不能违背的。德国人洪保德（Alexander von Humboldt）在地球上各处实地考察并仔细思考，认识到自然地理条件的时空分异规律，提出了地带性理论，加深了人们对自然界的了解和认识。冻原和冰川，热带雨林和泰加森林，高山草甸和萨王纳（热带稀树干草原）以及荒漠等，各具特定地带性景观及其基本特征。自然界既有资源潜力为人类生产提供物质保障，也有固有的规律和地带性特质，不容违背自然属性恣意干预、任意打扮。只有理智地认识自然，在把握自然规律的基础上，把开发利用建立在合理和持续的阈限内，才是明智之举。因此，任何违背地带性规律的“一刀切”改造措施，注定会失败，消灭荒漠的目标也不可能实现。沙漠的形成是一个历史久远的过程；水流和风力对沙物质的搬运活动，风蚀、堆积和沙尘暴现象，风沙流和沙粒的运动，都按照事物的自然规律发生、发展。裸露的流动沙地有显著的蓄水作用，全面固定流沙会导致自然要素间的失衡，因而在荒漠中植树造林能否涵养水源和流动沙漠是否需要全面固定等等，都应实事求是、因地制宜具体分析。

（2）沙漠化的形成具有深刻的自然和社会背景，深刻认识其形成原因，寻求治本方案，方可走出迷惘。联合国荒漠化会议以来，丰富的实践经验及众多的专家研讨，对沙漠化的理性认识逐渐趋于一致：①造成社会灾难的沙漠化，往往总是和干旱等不良的气候条件、脆弱的自然地理环境联系在一起；②危及人类的沙漠化，不只是一个土地退化的自然过程，也是一种社会经济发展的后果；③沙漠化的严重程度往往是地区发展水平、经济能力、受教育状况的见证。沙漠化是缺乏发展的一种症状，诚如西非谚语所说，“贫瘠的土地上产生贫穷的人群，贫苦的人们制造贫瘠的土地”。因而，防治沙漠化是经济、社会和环境问题的综合；只有将其摆放在振兴经济走出贫困的区域发展总体目标之内去解决，才会有效。任何只针对后果，而不是排除形成的原因，治标不治本的措施，包括当前人们崇尚的造林绿化沙漠等措施，都难以达到理想的、持久的成效。在联合国防治荒漠化公约中提及的防治策略，特别强调了可持续发展和消除贫困在对抗土地荒漠化治本措施的关键作用[公约第4条（C），第5条（b）是十分有价值的提示，是值得尊重的国际防治沙漠化策略守则。

（3）在采取涉及人与自然关系的行动方案时，尊重科学，倡导兼容并蓄的平权讨论，是减少失误的正确选择。实践证明，任何人都不应当用行政的、强制的手段，用“一刀切”的方式，去推行治理和开发的措施。前苏联在执行改造大自然规划时，曾以行政权力干预，独树李森科院士的权威。李森科则忽视自然科学的规则，强行推广由他本人制定的簇状橡树种植法，导致在大面积上造林的失败。脆弱

和多变的自然环境条件下，风险和技术难题众多，面对的是一系列的未知数。创造宽松自由的氛围，使不同科学见解的科研人员，有充分的机会表达意见，甚至提出非议乃至否定性的指责，都属正常、健康的现象。这也是倡导科学发展观，获取正确抉择所必须的。

（4）实践活动是知识的来源；实践也是检验对策、方针、措施正确与否的方法和准则。只有被科学试验、生产实践、经济效益证实了的东西，才是正确的、可行的。书本上写明的论断、上级发布的指示、名人名家的言论，都应该用实践活动鉴别和检验，不能一概认定是千古不变的信条永远正确，照本宣科机械搬用。聪明的非洲人以“师法自然”为准则，在严酷自然条件的萨赫勒地区通过长年的实践，创造了“混种”、“混养”等精巧的农艺技术，证明实践出真知。干旱半干旱地区的农牧业生产潜力，既包括自然力，也涵盖在那里土生土长的有实践经验的人力资源。自然界的光热条件具有鲜明的地带性特征，只要善于利用、适度利用、按照扬长避短的原则，发挥自然和人力的优势，会显现出很强大的生产能力。“山僧不解数甲子，一叶落知天下秋”。迈开双脚，到生产实践中、到试验地里观察自然变化的蛛丝马迹，调查研究实际状况，总结实践获得的结果，不固执己见，不墨守成规，是聪明智慧的来源，也是人们找到经济发展和环境治理双赢好办法的可靠途径。

（三）

成功的范例和实践的榜样，为我们提供了追求经济效益、生态效益和社会效益共赢的新方略

1. 干旱少雨的以色列，一块被著名作家马克·吐温描写为“荒凉的不毛之地”上，勤奋、智慧的人们，创造了以节水和经济收益高效为特征的沙漠知识农业，变不毛之地为“欧洲的冬季厨房”。以“出卖地中海阳光”自称的以色列，立足严酷的自然条件，几十年来在干旱的土地上创造性地开拓出了闻名世界的现代化沙漠农业。据统计，1991年中，全国总人口仅有500万人，从事农业的劳动力约占全国劳力的3.5%，出口额达90.75亿美元，其中鲜活农产品6亿美元，加工食品6亿美元。以色列农业的成功首先应归功于认识上观念的进步，依靠知识和技术，在荒漠中开拓生存条件。他们将全封闭人工生态系统塑料大棚，引进到植物性生产中，因地制宜加以改进，并用计算机控制，形成了不受自然条件约束的设施温室农业。内盖夫沙漠中的沙罗姆农家，有10个温室，每天收西红柿3～4吨，当天采摘，24小时后就能摆在欧洲市场的货架上，年收入20万美元。以色列的西红柿占领了40%的欧洲市场。干旱少雨是以色列的自然特点，节约用水是以色列谋求发展的理智选择。以色

列革新的滴灌技术加上系统管理，使有效的灌溉面积从3万公顷扩大到22万公顷。以色列的榜样作用和意义，不限于为我们提供了一个可以效仿咨询的样板，更为重要的是，我们从以色列的沙漠知识农业那里，可以获得信心和思路。

2.钱学森以沙产业理论形成跨世纪的沙漠治理构想

1984年，在新技术革命的浪潮中，著名科学家钱学森提出了创建知识密集型的农业——农业、林业、草业、海业、沙业，为迎接第六次产业革命作理论准备。20世纪90年代，开始了有关沙产业的研讨和实践活动，钱学森对沙产业概念也有进一步说明。他曾指出，“沙产业就是在不毛之地搞农业生产，而且是大农业生产。这可以说是一项尖端技术！”“发展尖端技术的沙产业，就是利用现代生物科学的成就再加水利工程、计算机自动控制等前沿高新技术，一定能在沙漠戈壁建设成历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的生产基地”。提出辩证思维认识沙漠的新思路。

按照钱学森院士的构想，“沙产业属第六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的”。因此，今天认识沙产业的内涵，无论概念和技术路线，都只能是最基本的原则。

（1）按照钱学森沙产业理论的界定，沙产业的发展将围绕着利用绿色植物的光合作用来最大限度地固定转化太阳能进行，因而将不毛之地——沙漠戈壁地区与农田、草原、林地、海洋并列，统一认定是地球表层接受阳光的辽阔表面。这一辽阔表面，坐落在地球表层赤道南北一定范围内，具有天赋的、充沛的阳光资源，潜伏着发展农业型产业的高生产力要素。沙产业理论不追求从根本上改变沙漠戈壁的自然地理特征，主张利用它的阳光优势。

（2）沙漠戈壁地区虽有充沛阳光优势，但由于其自然地理特点具有干旱、高温、地表不稳定等限制要素，加上太阳能量辐射不稳定性，太阳能转化、利用的效率低，沙漠中天然生态系统净初始生产力低下。因此，沙产业理论把干旱半干旱地区提高绿色植物阳光利用率的希望和潜力，寄托在高新技术的运用及众多技术的集纳合成上。主张走出传统，“引入高新技术以及高新技术产品——新材料、信息技术”，创建知识密集型的大农业即沙产业。

当前围绕提高绿色植物的光合作用效率，可分为两个行动方向：一是改善光合作用的环境条件，另一是优化或置换太阳能转化器。前者，设施装置克服不利的农业生产条件的限制，把光合作用条件转换为可调整控制的和可优化完善的人工环境；后者，优化太阳能转化器，实质为优选改良进行光合作用的品种。但就沙产业而言，还将微型藻类养殖作为手段来倍增固定太阳能效率。原因是附着在微型藻类生命体上的叶绿体通过光合作用能产生大量的蛋白，极大提高光合作用效率。悬浮

在水中的微藻，不同于生长周期长、结构复杂器官众多的高等植物，易于进行工厂化方式生产，便于克服沙区恶劣自然条件的限制。因而微藻生产有着诱人的潜力，是实现“变不毛之地为沃土”的出路之一。以人工控制生境条件为特点的沙产业，用现代科技手段驾驭自然界中光合要素的盈缺，将从根本上摆脱沙区农业传统生产依赖自然条件造成的限制和破坏环境的风险，能充分利用大自然天赋的阳光优势，造就“地球最高水平的生产力”（见《简明不列颠百科全书》荒漠desert词条）。当前，作为沙产业发展的初期阶段，为方便生产者把握技术路线要义，沙产业的技术路线可以是“多采光，少用水，新技术，高效益”的通俗表达。

（3）农业型沙产业的基地是农工贸一体的生产基地；不但生产技术现代化，而且生产过程组织严密，各工序配合紧密，形成以阳光为直接能源，利用绿色植物通过光合作用来进行高效益生产。除光合作用直接产品外，还包括二次转化生成的动物性蛋白以及各类天然生荒漠植物光合作用产生的次生代谢物的产业体系，使生产体系形成资源——产品——再资源的反馈流程，构筑成资源和能量最大限度的利用效率，以期在生产全过程中，无废弃物产生或少产生废弃物，逐渐达成循环经济的理想化要求。理想的沙产业的光合作用流水线和产品的加工，应能创造高效率、高附加值和高效益。效益是沙产业发展所追逐的目标之一。

（4）沙产业理论主张用设施构建起高效的生产体系。其自身具备环境保护特征：①集约型塑棚及地膜设施等人工构建的介壳，改变原本的水热条件进行生产，同时也就成为良好风蚀保护层；②由于沙产业的发展将增加沙区光合作用产品的总产量和效益，经济收入提高，生活改善，人们为追求生活必需而进行的盲目开发行为能得以遏制，这些，都将从根本上保护了脆弱的沙区生态环境；③沙产业以循环经济为发展目标，而循环经济又是以最少消耗资源为本质。因之，人与自然和谐发展是沙产业重要的科学内涵，也可称沙产业为根治荒漠化的有效措施。钱学森认为，沙产业是“从已经有基础的防沙、治沙、固沙事业开拓出去”，是沙漠治理的新台阶。

知识密集型的沙产业，虽然在一些示范地的实践中初现成效，但这仅是万里长征的起步。沙产业属第六次产业革命内容，真正意义上的农业型知识密集型沙产业，其最终的完善和形成，“要在100年内逐渐地做”。这表明，产业革命的发生发展，不仅要有科学和技术革命的蓄积和贮备，而且需要时日以待的由量到质的变化飞跃。同时，一个沙漠开发利用的科学构想和理论完善，需要长程的实践和不断充实。沙产业特定的发展空间是在沙漠戈壁地区脆弱的生态环境，这里，植物生产所必需的光、热、水、土等自然资源不匹配，天然形成了开发与保护的矛盾。因而，发展沙产业必须遵循在注视诱人潜力的同时，更应审慎地把握人与自然界和

谐发展的原则。将保护生态环境寓于开发之中，寻求生态保护、经济效益和社会效益共赢，才是沙产业发展永恒遵守的主题。钱老在1995年就指出，“一方面人有改造沙漠美好设想的诱惑，一方面又有地理（气象、水文、土质等）自然规律的限制”，以及“几百年前就是沙漠戈壁，对它只能就实际情况开发沙产业，不要轻举妄动！还有一点：沙产业是属于第六次产业革命，是21世纪中叶才能花开结果的……对沙产业我们现在只是做初步探索工作”。这正是沙产业发展不便急于求成，防止用其名，无其实的庸俗作法的根本原因。

3.沙产业在河西走廊的实践+沙产业在张掖的新景象和整治民勤绿洲衰退的新规划。

（1）充满新景象的张掖绿洲。半个世纪之前，甘肃省的河西走廊曾在全国治沙规划中列举为典型。但受严酷自然条件的制约，历史上“金张掖”、“银武威”的美称名不符实。直到改革开放的新时期，才走上健康发展之路。

10年前，张掖领导一班人接受沙产业理论指导，在河西走廊张掖地区戈壁荒滩上，创建以塑料大棚生产蔬菜为示范点的沙产业雏型；今天，不仅塑料大棚已经更新换代并形成规模，更迈向新的生产组织形式。戈壁滩上兴起的以大型企业为龙头，与农户相联系，构成产、销体系。并且在政府指导帮助下，企业与农户之间，有了农民自愿组成的协会，从事与企业间的沟通、协调，完成签订购销协议的功能。新的生产方式和组织形式保障了农民收入的增加。例如，临泽天森番茄制品有限责任公司2003年引进意大利小罗西设备，年加工能力2.5万吨。2003年生产番茄酱1.5万吨，全部出口外销，创汇650万美元。共有92个行政村的近2千户与之签约。农户年共交售番茄10万吨，实现收入2364万元，种植户亩收入过千元。又如，利用阳光优势发展种子业，今天也已经成了现实。中种、正大等种子公司在河西走廊的张掖形成了制种生产加工企业群体，种子加工能力达35万吨。种子产业制种面积达82.72万亩。再如，在张掖石岗墩高新技术示范园区内，为带动马铃薯生产，2003年配套建设年产3000吨马铃薯淀粉生产线和年产2000吨的颗粒饲料生产线，全面提高马铃薯综合利用效益。并通过订单农业形式，落实脱毒马铃薯基地1万亩。在先进的理念和生产方式指导下，使地处干旱荒漠地带的张掖形成了草畜、制种、果蔬、轻工原料四大支柱产业。

荒漠中水为生命之源，在张掖全市推行建设节水型社会活动，形成以水权管理为中心，建立总量控制和定额管理两套指标体系；首创出“水票”运行方式，建立用水协会，提供公众参与水权管理的民主平台。形成“政府调控、市场引导、公众参与”的一种新型的全社会节水功能体系。在地处干旱荒漠地带的张掖，现代化农业阳光农业——沙产业，已经显现出强大的生命力和诱人的巨大潜力！

（2）武威以综合性的发展规划整治民勤绿洲的衰退

位于石羊河下游的民勤绿洲，是内陆河尾巴上的“最后的绿洲”，腾格里和巴丹吉林两大沙漠环抱其中。一段时期以来，民勤绿洲四周被沙漠围困、来水量年复一年地减少、地下水位急剧下降，居民外流他乡，这就是在国内外通常认为的产生“生态难民”的根源地。具有绿洲荒漠化的典型特征。今天，这里正组织一场把衰败着的绿洲，变成用新观念、新技术，用知识密集型大农业理论指引下创建新绿洲的活动。

甘肃省、武威市和民勤绿洲的干部，结合多年实践的体验，借鉴外地成功的经验，制定出总体规划。省委副书记马西林同志、武威市委书记张绪胜同志都深入现场，与干部群众反复研究规划的科学性和可操作程度。整治民勤绿洲措施的特点是综合性地提高全社会对抗土地荒漠化的功能。民勤绿洲发展的规划要点包括：①在全社会增强水患意识和节水意识，推进水制度改革，优化调度，内节外调、节调管并重，以节为主的用水方略；②禁开荒、慎用地，采取退耕、节水、关井等措施改变广种薄收的粗放生产方式为集约经营节水高效农业；按照“多采光，少用水，新技术，高效益”的沙产业模式，大面积采用农膜保墒节水，利用塑料大棚把冬季的阳光捕捉下来，增加农民收入；③加快利用退耕地发展草产业和草食畜牧业，调整产业结构；④收缩绿洲边远地散居住户，集中供水；⑤对于湖区边缘的流动沙丘进行治理，湖区内封沙育草。为保障规划的切实可行，目前已在民勤绿洲的收成乡等地，提前布局节水改造项目和日光温室生产点，为总体规划的实施，提供了示范。由示范项目获得的初步效果表明，民勤绿洲衰退整治规划是一个符合规律、切合实际、操作可行的规划。只要中央、省级领导部门给予一定支持、扶植，干部群众认识一致，民勤绿洲一定能战胜目前的困难，在未来的5～10年内，走出困境，再造出一个以设施农业为主体的民勤新绿洲，将为面临绿洲荒漠化危机的其它地区提供整治沙漠化的可资借鉴的榜样。

10年前，钱老预言沙产业“是高科技农业生产的试验”“是未来农业，高科技农业，服务于未来世界的农业”。宋平同志概括沙产业“是在沙漠干旱地区利用现代科学技术，充分利用阳光优势，实行节水、节能、节肥、高效的大农业型产业。”时为国务院副总理的温家宝同志，在1995年11月9日批示：“钱学森同志和宋老提出，在我国西部戈壁沙漠发展沙产业，这些重要的理论和意见值得重视。一些地区的成功经验充分说明，办好这件事不仅有经济意义，而且有社会和生态意义。”河西走廊沙产业的今天虽然达到的规模和水平仍属“雏型”，证明着他们的论述切中要义，预示着美好远大的光辉前景。

近几年来，由于我国政府重视采取一系列促进生态恢复的政策措施，“退耕还

林还草”，“以草定畜，舍饲圈养”，“封育天然植被”等，已在鄂尔多斯等部分沙漠地区获得了恢复植被控制沙化的效果。出现了被群众称之为“人退，畜退，沙也退”的良性循环，为我国治沙实践积累新的经验。

推进生态环境条件脆弱的干旱半干旱地区的经济社会发展，保护生态环境，尚存有不少未解的难题。多年实践表明，只有在科学的发展观指导下，将防沙治沙措施，融入振兴地区经济总体规划中，以求获得经济效益、社会效益和生态效益的共赢，这才是具有社会主义中国特色的“抽薪止沸”的治沙治本出路。

（作者简介见第69页。）

至关以人为本，科学发展国计民生的大计

——谈钱学森主张设国家草业部

李毓堂

一、从《钱学森书信》十卷集发表钱老致函国务院领导建议设国家草业局（部）与十次论及谈起

2007年出版的《钱学森书信》十卷集（以下简称《书信》），公开发表了钱老1989年1月24日致田纪云副总理，建议国务院设立国家草业局（部）的信（《书信》4卷80页）。信中说："不久前原农业部副部长老农业科学家杨显东对我说：60亿亩草原草地比耕地大四倍，是我国极大的一笔财富：可惜现在已沙化20亿亩，如不大力拯救利用，是我们的罪过。""我看问题最严重的是43亿亩草原和大约2亿亩沿海盐碱草滩。这45亿亩潜在资源不受重视，是因为这45亿亩年生产值才几十亿！""但我们要看到，搞好了，真正运用现代科学技术，年产值可以达到几千亿人民币！但这是项社会主义建设的长远事业，45亿亩的事业要用几十年的艰苦努力，不能放在眼前工作十分繁重的国家农业部去管。我建议国务院考虑设国家草业局，专管草原及草滩。将来到21世纪，国家会有草业部。"

在这前后，钱老在通信和讲话中还9次论及设立国家草业部（局）的问题。

1985年6月24日钱老在《中国草业研讨会》上作报告说："如果我国有位草业部长，今天也可能提出草产业经营体系。""我提出的草业是我国的一项长期社会主义建设，前途光明，但也非易事。我们要看到21世纪，为到那时候实现我所提出的人类历史的第六次产业革命而奋斗，创立农业型知识密集的草业产业。"

1986年5月31日钱老在致任继周的信（《书信》3卷146页）中说："我们讲的'草产业'，应独立于农、林部门之外，在国务院设草业局。"

1987年5月13日和1989年3月24日钱老在同笔者二次谈话中说："小平同志讲，在建国100周年，我国人均产值要达到四千美元，实现这一目标不简单。""我们要有个长远的发展战略，这个战略计划中必须要有草产业，缺少这一块不行"。并说："在我国要把草业搞起来，就得有专门的管理机构。农业部设草业局也解决不了问题。农业部太大，他们要操心的事太多，实在忙不过来，所以，一定要在国务院单独设置机构。我给国务院领导同志写信建议成立国家草业局，这条建议永不改变。"又说："国家要有一个长远的眼光，看到下个世纪，国务院单独设立草业

局，任务是把45亿亩草原建设起来。要能直接向国务院领导反映情况。找一些志愿把发展草业当作终身奋斗目标的人，三十年五十年也要干下去，事情就干出来了。这是百年大计，涉及我们的子孙后代的问题。国务院设一个小小的草业局，有什么做不到的呢？我想来想去，只有这个建议，别的办法不行。"

1990年1月27日钱老在致笔者信（《书信》5卷184页）中说："因为农业最受国家重视，因此已搞出一套社会主义农业的总体设想和制度。其它如大的林区，也成立了林区企业，是大型企业了。草原草产业是目前最差的。但根据以上你所述的《中国草业建设十年成就发展趋向及优化战略建议》（初稿），我以为大的轮廓还是清楚的……以上四条，后两条最难，现在无人管，国家农业部也顾不上！而且需要为40多亿亩草原投资几千亿元！所以，我还是建议国家设国务院草原管理局"。

1990年2月12日钱老在致张志美信（《书信》5卷197页）中说："我坚持要设国务院草原局，是因为这是件社会主义建设的大事，搞好了，用上现代科学技术，系统工程，这40多亿亩草原潜力的年生产总值可以是几千亿。这么大的事，不设国务院专管机构怎么行？这本身就不是科技问题，而是政策问题——宏观政策。"

1990年9月17日钱老在致笔者信（《书信》5卷344页）中说："现在是宣传并建立草业，到21世纪是草产业；现在促使国家草业局成立，到21世纪将是国家草业部"。

1991年7月31日，钱老在致笔者信（《书信》6卷70页）中说："近日报载全国治沙工作会议的消息及江总书记、李鹏总理致会议的信，以及大规模治理利用沙漠的十年规划，感到这是由于国家林业部高德占部长在抓。对草产业，国家草业局是该设立的，不然现在的十年规划和八五计划也会落实不了。"

1991年9月2日，钱老在致笔者信（《书信》6卷105页）中说："近日又翻看了《全国草地区域开发规划和"八五"计划纲要（1991～2020年）》及《"八五"——"九五"期间全国草地区域开发重点项目计划表》，感到明确地提出要设立国家草业局及十二个省、自治区的草业局，这是非常好的。"

1992年10月19日，钱老在致笔者信（《书信》6卷505页）中说："我们自己也要'换脑筋'，认识要提高到十四大的水平。草产业不搞草、农、工、贸综合经营是不能走向第六次产业革命的。因此以前建议的国务院设草业局是不够的了，国家要有国务院草业部。"

二、钱老主张设国家草业部的科学依据

1. 国情依据　钱老主张，符合优化管理开发占国土41%草地资源，造福国计民生的形势要求。

我国有60亿亩草地（草原、草山）资源，位居世界第二。其天然禀赋的特点与优势：一是面积大、类型多、资源丰富。分布有牧草和饲用植物七千多种，珍稀、频危、经济价值很高的野生动植物数百种，优良家畜品种数十种；还有地下矿藏、水资源、地热、风能、太阳能、奇特地质地貌和人文与自然景观等资源。进行科学开发利用，对发展我国现代农牧业、工商业、科学文化和旅游业等具有长远的战略意义。二是草原草山多分布在西北、西南和中部的高原高山地带，位居我国主要江河发源地和上中游地带，是国土生态屏障，但由于多处于高寒、陡坡、土薄、干旱环境，其自然生态又十分脆弱，因而科学管理保护建设草地是全国水土保持、环境绿化、保障国土安全的关键。三是草原草山多是少数民族聚居区，草业和草地畜牧业一直是少数民族赖以生存发展的主体经济或支柱产业，因而保护管理好草地大力发展草畜业是保障少数民族发展、巩固民族团结和保持边疆安定的重大战略。

草地资源的上述功能，也可见于国家草原法和国务院文件的规定。《中华人民共和国草原法》总则说，制定草原法是“为了保护、建设和合理利用草原，改善生态环境，维护生物多样性，发展现代畜牧业，促进经济和社会的可持续发展”。国务院[2002]19号文件指出：“草原在国民经济和生态环境中具有重要的地位和作用，加强草原保护与建设，对于促进少数民族区团结，保障边疆安全和社会稳定，维护生态安全，加快牧区经济发展，提高广大牧民生活水平，都具有重大意义。”

钱老对草原功能有深刻体会。他在上世纪六七十年代从事《两弹一星》工作期间，常到内蒙古、青海、新疆草原牧区活动，他以亲身感受和科学思考，从能量转化、物质循环和系统科学的原理，洞察草地资源的开发潜力，提出了发展知识密集型草产业（即草畜工贸一体产业化合作经济）理论，为造福国计民生和子孙后代提出了创新的科学道路。钱老主张设立国家草业部，就是为实现国家既定战略目标提出的组织保障。

2. 历史经验依据 钱老主张，符合建国后草原牧区工作由中央统战部和中央民族事务委员会专管，因而取得辉煌成就的历史经验。

从新中国建立到“文革”前，全国草原牧区工作，一直是由中央统战部和中央民委专门管理，重大方针政策由中央政治局决定。如牧区实行“以牧为主”发展方针和“保护草场，禁止开垦”政策；民主改革实行“不斗不分、不划阶级、牧工牧主两利”的政策；都是由中央政治局和毛泽东主席决定，政务院颁布，由中央民委组织贯彻实施。正是由于有中央的直接关注和国家部委的管理实施，才在短短十多年中，以和平方式废除了牧区各种压迫剥削制度。使草原和牲畜得到保护发展，牧区出现了“人畜两旺”繁荣景象。到1965年牧区家畜头数由1949年的2900万头（只）增加到7400万头（只），草原建设也取得重大进展。

反之，“十年动乱”首先使国家管理机构陷于瘫痪，导致牧区方针政策不能

执行，草原遭受大规模开垦破坏，使草原牧业长期处于一低（生产力水平低）二慢（增长速度慢）三不稳（发展不稳定）的境地，牧民生活陷于贫困。

由此可见，钱老在新形势下主张设立国家草业部，是完全符合历史经验教训的。

3. 邓小平理论依据 钱老主张，符合改革开放以来邓小平同志关于制定草原法、大力发展草业、并要求建立专门机构推行草原建设措施的指示精神。

邓小平同志在改革开放初期就提出牧区要拨乱反正，恢复生产。他说："内蒙、新疆、青海过去牧区收入多，以后破坏了，要恢复起来。"他指示"要制定草原法"，做到"有法必依，违法必究"。他大力提倡种草发展牧业和种草治理国土。他说："像西北的不少地方，应该下决心以种牧草为主，发展畜牧业。"他多次说："首先要种草，种草比种树容易，种草可以防止水土流失，也可以养牛养羊，比种地富足。"尤其是他在1980年1月看到西北黄土高原飞播沙打旺牧草成功的照片和报告后，指示推广这一事业，批示说："建议由王任重同志（时任国家农委主任）主持召开专门会议，定出规划和具体措施，在西北各省成立专门机构，组织实施。"随后他又两次指示空军："要担负飞播牧草任务，要搞二十年。"

由此可见，重视草原牧区建设，大力提倡发展草业，尤其是在实施中注重建立专门机构，是邓小平思想理论的一个重要方面。钱老主张在国务院专门设草业部以保障草原法制贯彻和草畜产业发展，是同邓小平理论一脉相承的。

三、国家未设部级草业管理发展机构给行政、执法与国计民生带来的负面影响

在国家现行体制下，没有部级管理机构就没有独立行政、执法职能，就没有专门的体系编制，就没有国家计划与财政专门户头，也就没有专业的科技、教育体系，重大问题也不能直接反映到中央。尽管草原牧区工作是包括国土资源管理、生态环境保护、草畜工贸产业经济发展和边疆少数民族繁荣安定的国家大计，却从"文革"以来一直没有部级管理机构，因而给行政、执法和国计民生带来种种负面影响。

1. 导致法制难行，政令不通，国家草原法和国务院指令不能贯彻落实

20世纪80年代以来，国家制定颁布了《中华人民共和国草原法》（1985年首颁，2002年修订），国务院发布了《全国牧区工作会议纪要》（国发[1987] 73号）和《关于加强草原保护与建设的若干意见》（国发[2002] 19号）文件。它们是新时期我国草原和牧区工作的纲领性文件。但是，由于没有国家部级专管机构去组织落实与督促检查，因而法规文件规定的重要、务实、基本、关键措施大都落空。

例如《草原法》规定，要严格维护草原承包人的权益，禁止开垦草原；对违

法占用、开垦、破坏草原的事件要依法惩处。然而，由于受中央体制影响，各级政府草原执法监理机构极不健全，人员、装备、交通等执法手段十分匮乏；有的则由技术推广部门加挂一个牌子兼任，形同虚设。由于没有得力的执法机构、队伍、手段，法规变为空文，使得草原开垦破坏事件持续发生。这是违背邓小平同志指示“有法必依，违法必究”精神的。

又如《草原法》和国务院[2002] 19号文件均规定：“对已垦草原要实施退耕还草，要划定范围和重点区域，制定退耕还草的补偿等各项政策措施进行落实。”也正是由于没有国家部级职能机构去贯彻落实，使这项关系牧区命运的重要决策至今未能落实。

再如国务院[1997] 73号文件规定：牧区要建立育草基金，来源从国家投资、税收、地方财政、利用外资等途径筹集，采取项目目标管理和有偿使用周转的方式，用于草原建设。这又是一项保障草业和牧区畜牧业发展的重大务实政策。然而同样由于没有国家专管机构去组织贯彻落实，使这一规定也成画饼。

2. 导致草业科技成果和典型示范经验不能推广普及，人才资源惜于浪费

近30年来在邓小平发展草业理论和钱学森草产业学说指引下，我国建立了草地管理建设十大基础体系，在十多省（区）二十多个试点开展了草地牧业综合发展示范项目，创建了发展草畜工贸一体化草产业合作经济的系统工程模式（获国家科技进步二等奖）。实践证明这一模式能够集中解决草地牧业发展和牧区建设中积累的老大难问题，完全符合中央倡导科学发展、生产集约、生态优化、经济循环、资源节约的指导方针。许多项目区的草地生产力比原来增长几倍到几十倍，达到世界同类草地先进生产力水平，为牧区山区全面建设小康和谐社会提供了成功经验。与此同时，草业科技教育界也在牧草育种栽培、生理生化、草原生态、机械加工、生物工程等方面取得许多达到世界一流水平的科研成果，涌现出了数以十万计的草业科技和管理人才。然而，由于没有国家部级草业机构组织推广，使得示范模式和科技成果不能普及，科技人才不尽其用，形成草业科技成果先进和牧区生产力落后的两极现象。由此可见，邓小平同志在倡导推广飞播牧草时强调要建立专门机构与钱老主张设国家草业部，是非常必要的。

3. 导致草原生态恶化，草原牧业经济衰退，牧区收入与农区差距加大，已严重影响到全国生态经济社会的可持续发展

（1）全国草原90%退化趋势未能扭转，并每年以200公顷速度扩展。草地退化沙化碱化成为全国水土流失、土地沙漠化、石漠化及沙尘暴的主要源区。

（2）草原牧业一低二慢三不稳的状况没有基本改变。牧区山区成为全国实现小康和谐社会的短线和最薄弱环节。

（3）尽管我国拥有世界第二的草地资源和优势，却在国计民生中未能发挥经

济支柱作用。如在国民肉食结构中，草食家畜比重占不到10%;毛纺工业所需羊毛原料，2/3靠进口；工业饲料中，绿色蛋白质饲料缺口达20%；全国粮食结构中，饲料粮比重占到近40%。这些都同未能优化开发利用草地资源有关。这种拿着金碗讨饭的状况，难道还不值得我们深思吗?

（4）牧区牧民收入少的状况未改变，同农区差距逐年加大。据国家部门统计，牧区266个牧业半牧业县牧民人均收入同全国农村农民收入相比：2005年净少1971.8元，2006年净少2 155.4元，2007年净少2 944.6元。2007年牧区人均收入仅占全国农村人均收入的49.1%。30年前邓小平同志就指示说：“过去牧区收入多，以后破坏了，要恢复起来。”如今30年过去了，邓小平的指示犹未实现，岂不发人深省?

四、从以人为本和科学发展观的理念，重新认识钱老主张设立国家草业部的重大长远意义，改革现行草地管理体制，迎接草业强国的光辉未来

（1）历史经验和现实国情说明，国务院设草业部是至关数千万牧区山区各族人民的生存生计、社会发展和子孙后代的大事，是贯彻以人为本的大局。现在草原牧区工作由农业部畜牧司管，正如一位国家干部所说：“草原牧区问题首先是人的问题，不是牲畜问题，不应放在畜牧部门管理。”农业部在2006年就李毓堂等42位专家学者向国务院建议设立直属草业管理发展机构一事，对温总理批示向国务院报告称：“关于设立国务院直属草业发展管理机构的问题，应由国务院研究决定。”草原法第八条规定：“国务院草原行政主管部门主管全国草原监督管理工作”。可见国务院设草业部也是有法可依的。

（2）国务院设草业部是至关41%国土资源的优化配置利用的科学发展观大事。近些年来一些国家行政或科研部门常把草地当“荒地”看待，甚至根本无视草地资源的存在。如中国科学院研究组编写出版的《1999中国可持续发展战略报告》和《2000中国可持续发展战略报告》中，就否认中国草地资源和草原牧业经济的存在，因而对全国自然资源、生态、经济、社会的分析和对未来发展的预测中出现种种差误。这当然同国家六大自然资源中唯独草地没有部级管理机构，因而引不起社会重视有关。钱老的主张，就是要从组织上把草地管理和草业发展提到国家发展的高度去认识。

（3）国家设草业部是加强草地管理草业发展践行科学发展观的一个重要方面。实践证明，在我国面临耕地粮食趋紧、国土治理艰难、城乡农牧区发展差距加大、生物质能资源短缺的情况下，跳出18亿亩耕地圈子，通过加强管理优化开发草地资源，发展草畜工贸一体草产业合作经济，将是解困国情难题的一条科学有效途

径。因而钱老的主张，是践行科学发展观，造福国计民生的创议。

（4）国家设草业部级机构一直是长期以来广大干部群众的愿望。近20年来，我国科学界、社会界许多代表人士，包括人大代表、政协委员、专家学者、各级干部和牧区广大群众，曾多次向中央建议在国务院设立直属草业发展机构。牧区干部反映："草原现在像是没娘的孩子"。大家认为：钱老主张设立国家草业部，并非不合理扩大国家编制，而是从以人为本和科学发展观出发，谋国家长远发展的百年大计，是形势所求，任务需要。

钱学森关于创建知识密紧型草产业的理论是包括科学技术与科学管理、自然科学与社会科学在内的系统科学理论，是科学界公认的钱老晚年对国家社会重大科学思想理论贡献之一。展望未来，如果国家采纳钱老建议设立草业部，将使国家草原法制牧区政策得到认真贯彻落实，草原生态和国土环境得到有效治理，草业科技成果得到推广普及，草业科技人才各展其能，草畜工贸一体草产业合作经济全面发展，将带动少数民族牧区山区走向经济文化社会繁荣，并在未来国家资源、环境、能源、城乡可持续发展战略中发挥出支柱作用。

钱老曾说："要看到知识密集型草产业与第六次产业革命的光辉前途！看到21世纪光明的未来！看到美好的未来，中国人就要通过革命的实践去创造这个未来。"

愿钱老的主张和预见早日实现！

作者简介：

李毓堂，高级经济师，研究员，英国皇家联盟科学院荣誉院士。现任中国系统工程学会草业专业委员会主任。中国老教授协会农委常务理事。

参考文献：

《钱学森书信》，国防工业出版社

《国家杰出贡献科学家钱学森关于草业的论述》，草业科学. 1992年4月

《党的十一届三中全会以来中共中央、国务院和中央领导同志关于种草和建设草原的指示（摘录）》，草业科学.1992年4月

《中华人民共和国草原法》，农业出版社.1985. 2002

《国务院关于加强草原保护与建设的若干意见》，中国系统工程学会草业系统工程专业委员会学习文件汇编，2003年

李毓堂，《草业—富国强民的新型产业》，宁夏人民出版社，1991年10月

本文原刊载《草业科学》2009年第8期。

迎接第六次产业革命浪潮的到来

胡跃高

当代人类社会面临着人口危机、资源危机、地球生命系统危机“三大危机”与贫困化、荒漠化、全球气候变暖“三大难题”。如何应对危机与难题是摆在全人类面前的紧迫任务。大约30年前，钱学森敏锐地预见到了以上问题，创造性地提出了“第六次产业革命理论”。今天我们重新阅读钱学森原著，学习第六次产业革命理论思想，对于我们认识形势、制定国家发展战略与计划，具有重要的指导意义。

一、第六次产业革命的目标是在当代中国彻底解除粮食危机，消灭三大差别

1980年后，钱学森在创立第六次产业革命理论期间，多次明确指出：第六次产业革命的目标就是在21世纪中叶彻底消除中国人口危机，消灭三大差别。他在1980年5月8日完稿的《农业系统工程》手稿中说：“我们搞农业，就是实现两个长远目标，创造更多的人类所需要的东西，经营管理好一个庞大而复杂的生产系统；不断改善环境，创造一个人所需要的生态系统。归根到底，还是一个目标，就是我们要改变自然界的系统，创造出一个人所需要的系统。”这事实上是将农业发展目标定位为：改造出新型农业系统，实现农产品安全生产与环境建设两个功能。

关于第六次产业革命的发展目标，钱学森有过两次明确的表述。一次是1984年3月3日，在五零七研究所学术报告会上所做《工业革命的挑战和我们的对策》的报告。报告指出：“我们把农业真正放到现代科学这个水平上来搞，高度知识密集，技术密集的，高效能的大农业体系。农村小城镇化是什么？就是消灭城乡差别和工农差别，再加上刚才讲的知识的重要性，一个劳动者没有知识恐怕是不行了。所以，我说一个劳动者也是一个专家，他要有很丰富的知识。这个前景是在我们的时代，就要消灭历史上形成的三大差别，而这个事情在我国是看得见的，恐怕到下世纪，到建国100周年时，就实现了。”明确指出作为第六次产业革命的知识密集、技术密集型大农业与小城镇化建设任务就是消灭三大差别。这一目标的实现期就在建国100周年，即2050年前后；另一次论述是在1995年3月17日致李振声的信中提到：“我总记得前全国政协副主席王任重讲过的一句话：共产党员嘛，不能只想

到五年、十五年，要考虑五十年、一百年！他教导我们要有远见！因此我想我国农业，不能就为15亿人口，要想想中国人口到了20亿、30亿怎么办。也就是这个原因，所以这几年来我一直在宣传第六次产业革命。”这里强调了粮食安全、农产品安全是第六次产业革命的明确目标。

钱学森对第六次产业革命有着十分明确的发展与建设目标，坚定的信念，而且历久弥坚，从未动摇。1984年4月10日致唐明峰信中说：“您说我认为在人民中国建国一百周年，将消灭三大差别，是过于乐观，也许是，马洪同志也说我过于乐观。让事实来证明吧。”11年之后，在1995年2月28日致王寿云等信中他再次提到：“我国在80年代初大力发展乡镇企业就是正确的措施。但这条正确的道路还没走完，还要走下去，这就是我国现在的农业问题。这一点应成为全国的共识。走下去，路引向何方？路引向第六次产业革命，消灭城乡差别！”上述思想对于鼓舞民众，坚定信心，高举第六次产业革命建设大旗意义重大。

二、第六次产业革命是当代中国的核心建设任务

1984年12月23日，在中国农业科学院第二届学术委员会上的《第六次产业革命和农业科学技术》报告中，钱学森对第六次产业革命做出了明确定义。他指出：“第六次产业革命就是建立农业型的知识密集产业。知识密集型产业，是把所有的科学技术都用在生产上，靠高度的科学技术的生产。农业型的产业是指像传统农业一样，以太阳光为直接能源，靠地面上或海洋里的植物的光合作用为基础，来进行产品生产的生产体系。”“一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用现代工业生产技术，把全部现代科学技术，新的技术革命的成果，全都用上。不但生产技术现代化，而且生产过程组织严密，各道工序配合紧密，是流水线式的生产。”钱学森认为：科学革命是人们认识客观世界的飞跃，技术革命是改造客观世界的飞跃，社会革命是社会制度的飞跃，产业革命是生产体系在组织结构以及经济结构方面的飞跃变化。

钱学森最早于1984年3月10日在中共中央和国家机关六个部门联合举办的“新技术革命知识讲座”上做的《关于新技术革命的若干基本认识问题》的报告中，就完成了六次产业革命内容的基本划分，然后在1984年7月27日《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》手稿中做出了系统表述。他指出：第一次产业革命为农业、牧业的出现；第二次产业革命是商品生产的出现；第三次产业革命是大工厂的出现；第四次产业革命是更大规模的、全国性的以至于跨国的、全世界性的生产体系的建立；第五次产业革命是新技术革命（后简略为信息技

术革命）引起的世界范围的生产变革；第六次产业革命为创立农业型的知识密集产业所将引起的生产体系和经济结构的变革；第七次产业革命为人体科学发展引发的人民身体和智力的提高；第八次产业革命为分子水平设计的结构。八次产业革命中，前四次是在系统总结历史发展过程后进行的准确划分，后四次则是根据最新科技与社会发展做出的科学推断。

概括起来，产业革命与科学革命、技术革命、社会革命间的基本关系包括三个类型：第一，科学革命、技术革命可以推动形成产业革命。如第一次产业革命由动物、植物驯化技术革命而引发；第二，社会革命可以推动产业革命发生。如资本主义制度建立后，科学革命、技术革命大发展，引发第三、第四次产业革命；第三，产业革命反过来可以推动社会革命向前发展。

恩格斯在《共产主义原理》一文中指出“根据共产主义原理组织起来的社会，将使自己的成员能够全面地发挥他们各方面的才能，而同时各个不同的阶级就必然消失。因此，根据共产主义原理组织起来的社会一方面不允许阶级继续存在，另一方面这个社会的建立本身便给消灭阶级差别提供了条件。由此可见，城市和乡村之间的对立也将消失，从事农业和工业劳动的将是同样的一些人，而不再是两个不同的阶级。单从物质方面的原因看，这已经是共产主义联合体的必要条件了。”消灭三大差别是社会主义中国的使命。以第六次产业革命为核心的三次产业革命为当代中国在21世纪中叶消灭三大差别提供了历史性机遇，第六次产业革命是当代中国的核心建设任务。

三、产业建设与地理建设是第六次产业革命的两大任务

在1984年7月27日《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业、沙业》手稿中，钱学森第一次将第六次产业革命内容明确划分为五类产业，分别为农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业。其中农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础。它包括的不只是种植业的农，也有绿化的林，养畜的牧，养家禽的禽，养鱼的渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业、微生物（沼气、单细胞蛋白）业，还有副业和工厂生产的工业，是十业并举的农业产业体系；林业产业基于我国林业面积可达45亿多亩，是农田面积的两倍多，也是林木加工和森林枝叶的利用，不但提供食用油、工业用油、木制品、纸张、肉食、乳制品等，而且能每年提供相当于上亿吨标准煤能量的沼气；草业产业基于我国43亿亩的草原面积，应突破传统的放牧方式，利用科学技术把草业变成知识密集的产业，每年可能获取几千万吨的牛、羊肉和大量的乳品，我国人民的食物构成也将改观；海产业

基于近海有70亿亩海洋滩涂，其中浅海滩涂为22亿亩，是一个庞大的资源，主要靠海洋中天然生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞，投放人工鱼礁，造成在近海鱼类栖息的好环境，只此一项就有可能把我国近海渔业产量提高十几倍，达到每年5000万吨，把海洋渔业变成“海洋放牧”，还有海带、海藻、虾、贝的养殖业，发展深度加工以充分综合利用，形成知识密集型产业；沙业产业基于我国沙漠和戈壁大约16亿亩，和农田面积一样大，沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来，作为沙业产业，应该既采又种，提高产量，这样的知识密集的农业产业体系的建立将会给中国人民生活带来很多好处。

另一方面，知识密集型农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业的基地不在城市，而在农村、林区、草原、海边村镇和沙区，这些本来落后的地区，将通过农、工、贸联合经营发展成为与发达城市一样的未来居民区。这样的地区规划发展与建设课题实际是地理建设系统工程。地球表层是自然系统与社会系统相交汇的大系统，按照结构特点，自下而上共分为四个层次：第一层次，一个工厂、企业，一个生活区，一片林地，一块农业种植田，一片渔业水面等（即工、农业生产和人民生活的基层单元）；第二层次，地区层次，根据实际情况，相互影响的关系来确定；第三层次，国家层次；第四层次，世界层次。

第六次产业革命涉及“条条”与“块块”，或“链”与“网”两个方向建设。条条或链是产业，是垂直方向的；块块或网是整个地理区域，是水平方向的。“农、林、草、海、沙”五业即是在具体的“块块”（区域）上发展产业，进而必然存在区域对产业的制约及产业对区域的作用；地理科学将地球表层作为研究对象，意味着对象的本质特征为“块块”问题及由“块块”组成的整体问题。这是一场同时兼顾产业发展与地理建设、全方位的革命性建设。当代人类农业活动对地球表层扰动具有主导性质，在“三大危机”、“三大难题”并发形势下，即将兴起的第六次产业革命，对中国与世界自然社会经济的影响具有根本性、全局性、紧迫性意义，从而无疑将使第六次产业革命及其影响，成为当代地理科学独特的重大研究课题。

四、系统科学是第六次产业革命建设的法宝

系统科学理论是钱学森为当代世界做出的具有科学革命意义的贡献。开放的复杂巨系统特征辨识，及其从定性到定量的综合集成方法，是以钱学森为代表的中国科技界在近代系统科学领域创造完成的最重要的科学理论与方法。世界正处于科学革命、技术革命的波涛中，由此带动的产业革命、社会革命持续发展。而第六次产

业革命作为当代产业革命的核心，具有承前启后的作用。我们只有自觉地掌握系统科学武器，熟练运用这一法宝，才能圆满完成建设任务。

钱学森在1985年5月9日致唐明峰信中说："社会主义国家或资本主义国家是指这个国家的政治的社会形态，是社会主义式的或资本主义式的。我们称之为社会主义社会的，应是经济的社会形态、政治的社会形态、意识的社会形态等都是最先进的，即具有高度社会主义物质文明和高度社会主义精神文明的社会。这样的社会现在还未出现。我国将在21世纪中叶实现它。"

关于以第六次产业革命为核心的产业革命系统科学应用问题，钱学森指出："通过第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命，使社会主义政治文明建设、社会主义物质文明建设、社会主义精神文明建设和社会主义地理建设协调发展，并且要求做到小问题在宏观调控中限日解决，大问题的宏观调控也不出一个月就解决。我们要为此目标建立起：总体设计部体系、信息统计体系、整体的调控理论。"将第六次产业革命理论与实践从小到大，落到实处。

钱学森认为，系统科学理论来源于中国社会主义建设的伟大实践。他说："我们对系统总体设计部的认识源于导弹总体设计部的实践，而那时领导我们工作的是周恩来总理和聂荣臻元帅，他们都强调中国共产党在领导革命的斗争经验，包括大规模集团军的战斗经验。如周恩来就提出高度的政治觉悟、高度的科学性、高度的组织纪律性。所以我们的总体设计部是中国社会主义思想指导下的总体设计部。它实施党的民主集中制。这是我们的特点，也是优越性所在。"我们要倍加珍惜这一宝贵财富，灵活应用于产业革命建设。

钱学森根据自己丰富的系统工程实践经验与系统科学理论创新成果，在第六次产业革命建设问题上多次致信党和国家领导人江泽民、李鹏、田纪云、宋健等，推动成立管理组织机构。对沙产业，我们现在只是做初步探索工作，包括从地理科学明确治沙的范围：通过试点，树立沙区植物、动物繁殖加工事业；引入生物技术，做些试验等。1984年7月，在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》文中，他说："搞科学技术还得有专业人员，所以必须提出大力培养农业型产业的专门人才问题。现在我国农林专业在教育系统中不够重视，工科专业比重过大。这个比例失调一定要改正过来，大大增加农林专业，生物专业，轻工、食品工业专业的招生人数，包括高等院校和中等专业技校。可能还要考虑创办一种新型的高等学校，理农综合性大学……为了深入研究和发展这类产业体系，我想有必要考虑在不同地区、不同自然条件，设置试验点，调集科学技术力量，创造经验，开辟道路"等。

长期以来，在地理科学、社会科学、自然科学领域，理论科学家不涉及实践，

搞实践的人用经验主义的方式完成社会任务，双方基本老死不相往来，科技、实践两张皮问题严重。钱学森从《工程控制论》开始，把理论与实践两个轮子组合起来，成就了“系统工程”与“系统科学”的双轮快车，人类藉此将从马克思、恩格斯所说的必然王国进入自由王国！系统工程是当代最重大的技术革命成果，系统科学是当代最伟大的科学革命成果。这是以钱学森为代表的当代中国人对全人类做出的最伟大的贡献。钱学森系统工程成果、系统科学理论在中国已经结下了珍贵的果实，中国人饱受恩惠。中国人完全有能力、有责任，用这一理论在2050年之前完成第六次产业革命任务，在人类历史上率先消灭三大差别。

结语

钱学森提出产业革命学说与第六次产业革命理论已经28个年头。从那时以来，国际国内形势发生了深刻变化。2006年，莱斯特·布朗指出：“西方的经济模式不适用于中国，它在印度也肯定不适用。对于也在做着‘美国梦’的其他发展中国家的30亿人口，西方的经济模式也必然不适用。”而且现行的经济模式对于工业化国家也同样行不通，老经济的日子已经屈指可数了。2011年法国人类学与社会学家保·若里翁评论2008年世界金融危机以后的世界时说：“资本主义的衰落现在是确定无疑的，因为他已经走向崩溃，而唯独能够阻止崩溃的措施，我们的领导人是绝对不会采用的，进一步拖延只能让可能的复苏更加困难。不能对股市的喘息抱有幻想。经济不平衡一直未被消除。金融危机摧毁了国家。国家不再有能力投资于社会保障，而社会保障曾经维持了所有人都能从这个体制中获益的信仰”。

与此同时，资本主义生产方式主导下的世界农村牧区与农业问题凸显。自工业革命开始以来，城乡贸易关系一直是有利于城市的，因为城市控制着资本和技术这些稀缺资源。但是，一旦土地和水成为最稀缺的资源，那么在农村地区掌控这些资源的人，也许有一天将在城乡贸易中占据上风。由此推断，世界今天的城市化可能放慢，甚至逆转。2011年8月，美国金融家罗杰斯在采访时说：“世界经济正经历历史性变化，即将进入漫长的低增长期。很可能长达三、四十年。经济中唯一能保持强劲发展的领域是自然资源和农牧业这一块。农牧业将会是未来十年、二十年或三十年中最好的职业”。世界越来越多的人在强烈感到，受“三大危机”“三大难题”的影响，近300年来快速发展成型的资本主义模式已经显现颓势，世界资本主义化的车轮迟滞，人类社会处于重大变革之中。

过去30年中，中国农村牧区与农牧业取得了巨大成就。但必须承认，我们面临农业增长率下降、农产品自给率跌落、农村牧区资源环境紧张、农村牧区社会老龄

化形势严峻等“不平衡、不稳定、不协调、不可持续”问题，有的已经十分严峻。在此重温钱学森产业革命学说与第六次产业革命理论，我们在折服于他高超的预见力与伟大的创造性的同时，我们内心强烈感到，时代在高声呼唤第六次产业革命的到来！

（作者简介见编委会成员介绍。）



（四）实践篇

新绿洲——沙产业的建设基地

田裕钊

背景：这是为参加1995年在呼和浩特召开的“绿洲建设的理论与实践学术研究会”撰写的论文。钱学森院士1995年9月3日在给刘恕的信中写到：“裕钊同志的文章是篇很好的介绍沙产业文章，将在那里发表？我想《科技导报》或《中国科技报》、《科学中国人》都可以登这篇文章。”9月10日，钱老给中国地理学会秘书长瞿宁淑研究员写信，“我近得中国科学院自然资源综合考察委员会田裕钊同志文章《新绿洲——沙产业的建设基地》，讲的是用现代科学技术把沙漠地区建成为人类创造食品和工业原料的新基地。这是地理建设的远景思考了，颇有启发性，故奉上此文供参阅。”论文经删节后，刊登在《科技导报》1995年11期。

大纲：昔日和今天的绿洲；当代的新绿洲；未来的新绿洲。

要点提示：光合作用利用的转化器，是有生命力的微型藻类。一个全天候的、以光合作用为主车间的人工装置，就是沙产业未来的新绿洲。

一、昔日和今天的绿洲

绿洲（拉丁语，oasls；源于希腊文 οασισ，起初为利比亚沙漠中几个居民点的名称，后演化成有特定含义的术语），是指荒漠、半荒漠地区生长着高大树木、灌丛又有草本植被的那些地块。有天然的和人工的。绿洲在荒漠中出现和存在是因为有特殊的水源条件：例如，山麓地带洪积扇前缘地下水溢出带；泉水露头区；河流岸边或湖泊周围，有周期性漫流等等。或者人为开辟了水源，例如，引河湖水或抽取地下水灌溉等。世界上称得上绿洲的地方，小到几平方米，大到上万平方公里。绿洲多半都是荒漠中人烟最稠密的地区。（撒哈拉沙漠中2/3的人在绿洲中定居。）从我国内蒙的西部到新疆的天山南北，大片现存绿洲在过去、现在和将来都是最有生产保障能力的沃土。

昔日的古老绿洲，在功能上，主要是当地居民用传统方式利用野生资源或经营种植业、养殖业的生息地；多半都是商道的落脚点和补给地；有的是信教人的栖身场所，著名的宗教圣地多在绿洲之中。古老绿洲都与节水、惜水的传统观念和精巧技术相联系，著名的坎儿井、水窖，都在荒漠区延续了几千年。虽然大部分已被现代人弃用，但依然是人类文明的见证。

绿洲系统的存在是与水源密切相联系的。历史上，一片绿洲的兴衰史，都同水源的自然变迁或人为活动有关。如果说，历史上绿洲在荒漠中的面积相对稳定的话，近一个世纪以来，伴随着人口的快速增长和技术手段的进步，人工绿洲面积的增加很快。

人工绿洲建立中，出现了一些伴随着成功以后不期而至的失算。上游得和下游失；人工绿洲的扩大，缩小着有丰富多样性的天然植被；地上大水漫灌、强度蒸发和地下水日益下降；今天的灌溉在为明天的土地积累着盐分。这些显而易见的事实，尤其是20世纪出现的生态灾难，值得人们用反思的态度加以认识，以期找出克服困境的办法。

用钱学森沙产业理论做指导建设新绿洲，是克服困境的有效手段。

二、当代的新绿洲

（1）在沙产业理论指导下建造新绿洲的目标，是充分利用沙漠戈壁地区农业自然要素中最充沛的、取之不尽用之不竭的阳光。

沙产业理论把沙漠戈壁看作是一种天赋的资源，阳光是这个地理单元上最珍贵的能源。太阳是一个巨大的炽热的球形天体，其中心温度高达1500万℃，表面温度6000℃。太阳通过辐射（可见光、不可见光和各种微粒），把辐射能传送到地球表面。在无大气影响下，每分钟以热量单位表示为1.94cal/cm^2；以功率单位表示为0.135W/cm^2。太阳年复一年日复一日给予地球的巨大能量是用之不竭的。太阳的光和热，正是地球上人类生存和活动的源泉。

我国国土上太阳能的辐射总量大致在80～200kcal/（cm^2·年）之间。沙漠戈壁，即内蒙西部、宁夏北部、甘肃西北部、新疆东南都是全国高总辐射地区，都在140kcal/（cm^2·年）以上，有的高达170kcal/（cm^2·年）。沙漠戈壁在亚洲大陆腹地，远离海洋，云层稀少，晴天多，全年的日照时数在2800～3300之间（日照率在70%左右）。高日照和长日照使这里的太阳辐射较其他同纬度地区高。例如河西走廊地区170kcal/（cm^2·年），比同纬度的北京130kcal/（cm^2·年）高。有人做过粗略的估算，沙漠中1m^2/1天获得的能量相当于半公升汽油或1公斤原煤。

沙漠戈壁中的阳光能总量是非常巨大的，但是有它固有的特殊性，时至今日人们很少加以利用。

首先，它在单位面积上的强度不高。人工的太阳能利用装置如果不曾充分考虑这一特点，往往会得不偿失。只有那些基建投资低、材料消耗少或就地取材，又能在大面积上收集转化太阳能的手段，才会有效地利用这种资源。

太阳能的第二个特点就是能量辐射的不恒定性。一年四季之内，一天之间的昼夜、早午晚，由于地球公转和自转的结果，太阳高度角的日变化，单位面积上获得的太阳能辐射量时多时少，极不恒定。局部地区云层的出没，也影响地面辐射接受量。但是，阳光辐射的变化又不是没有规律的。阳光和温度相匹配的变化，对某一地区而言，其数量值和变动的轨迹，都是容易预知的。在利用这种不恒定能量时，就必须考虑一种有效的能量转化和存贮机制，能够适应这种变幻的特点，有规律地工作。

太阳能是不相同波长辐射的总和。辐射到地球表面的阳光，由人眼能看见的可见光（波长在0.4～0.76微米之间）和肉眼无法看见的紫外线（波长小于0.4微米）和红外线（波长大于0.76微米）组成。可见光占差不多一半。

在认识了阳光的这些特点之后，人们就可以应用现代技术的强大手段，构想利用沙漠阳光资源的科学方案。

（2）用人工设施改善植物光合作用的条件，是目前提高沙漠太阳能利用率的最有效手段。

绿色植物能通过叶绿体的光合作用，把二氧化碳和水，这些能量很小的惰性无机化合物转换成能量富足的有机物，使那些不能直接利用碳酸碳的生命体有足够的食物。种植绿色植物自古以来是人们利用日光能的最有效手段。因为迄今为止没有能够制造这样一种物质或物质体系，它能够使光化学过程有足够高效的能量产出。一切人工制做的太阳能转化设备，都无一例外的有一个投资大、设备易老化、部件维修更新的难题。唯独有生命力的绿色植物，不仅能灵巧地转化太阳能，适应太阳能的量的谐律起伏，而且，只要为之创造适合的条件，这种转化太阳能的有机体能够自我复制，自我更新。正是由于植物的光合作用地球上每年利用阳光生产一千亿吨有机碳。沙产业理论正是在思维定势中，充分认识了绿色植物种的多样性、灵巧的自我调适本能以及再生和自我复制的诸多优势，把光合作用作为利用沙漠中充沛阳光的手段，为人类开发利用沙漠资源，指明了正确的方向。

沙漠的自然地理特点，包含了以光合作用为太阳能转化器的农业型产业发展的限制要素。这些限制因子是：干旱的气候；盛夏的高气温；地面大都为流动性沙丘所覆盖；而且，这种不稳定的地表在全年的大部分时间是干燥的；稳定的地表，则大多含有盐分。

极端严酷的生态环境，决定了这个区域的天然植被是稀疏的，相对而言，生产力低下。单位时间内、单位面积上的植物，通过光合作用固定的净能量并转化为原生质，定义为净初始生产力[g（干物质）/（m^2·年）]，则研究证明，沙漠中的灌丛，其净初始生产力平均为70，变化的幅度在10～250之间。有不少高于这个数值

的报导，那主要是隐域环境形成的局部条件改善的结果。

沙漠中天然生态系统净初始生产力的低下，决定了这里的农业型产业目前停留在一个不高的水平上。

大田作物对阳光的利用率也不充分，一般情况下在1%左右。气温的四季变化造成了植物生产的季节性；这种“节气”的周期性也限制着光合潜力的充分发挥。

因为生物生产的最终产品量是由生长发育的全生长周期状况决定的，干旱、半干旱地区反常的、难以预料和控制的自然条件的突变，往往为生长周期几十天到100多天的传统农业生产的稳定收成带来灾患。

因为植物生长基本上服从于最小因素律，即生物的生产量受最差条件的满足程度所制约。满足程度最差的因素成为主导限制因子，它的状况不加改善，其他生态因子的优势都不会产生增产的效果。局限于自然条件上的传统农业型生产也不会造就革命性的产量飞跃。

伴随着科学技术手段的进步，人工改变局部环境中植物光合作用的条件，已经成为现实。这是当代向传统的农业开发模式提出的挑战。鉴于这种挑战有充分的科学依据和众多的成功实例，因而，有强大的生命力。与传统的农业并存，人工控制光合作用条件的植物生产，正在飞速发展。无土栽培的温室作业，也已不再是科学家的试验田，已被广泛应用，日益改进，并取得显著的经济效益。这种系统的进一步完善，将会发展成为一种沙漠环境中高投入高产出的新型产业。不单可以解决本地区的社会需求，而且开创了一种人类在极端严酷环境中的生存方式。它巧妙地利用现代技术固定光能，制造生活资料。

温室作业能从根本上改变原本的土壤条件，用沙、沙砾、客土或水培、或营养容器等，为植物的丰产、高产、稳产，人工构筑良好的基质；并用可控的灌溉施肥、喷雾，保障植物生长的必要元素供应。由人工控制环境条件的温室作业，用人工调适的水热环境取代变幻不定的天然条件，就从根本上摆脱了农业型产业依赖自然环境所构成的风险。温室技术能创造植物生长的理想土壤湿度。利用管道浸润、滴灌、大棚内薄膜覆盖，以及通风降温增湿等，使植物生产连续进行，不再受天然降水的限制，从而也最有效地、最节省地利用水资源。

知识密集型沙产业的实质，在于利用现代化的技术手段，对光合作用要素实行系统的、有效的调控。以色列依靠知识密集的优势，在沙漠地区建立温室、塑料大棚，采用先进的滴灌法，利用微咸水和污水，并应用生物技术，培育生产了大量的优质蔬菜和水果，批量出口欧洲，成为欧洲的“冬季厨房”。

这些成功事例向我们表明，在那些一味赖依土地和自然条件为生，正在由之严重地破坏着生态环境，加重着对土地的压力，并已进入恶性循环，造成严重土地荒

漠化后果的地区，以及我国那些有大片“不毛之地”的地方，应当从传统的观念中解脱出来，在重视传统农业开发的同时，谋求另一条相对说来高投入高产出的经营道路，即人工控制光合作用条件的温室作业。这种知识密集型的作业方式的广泛发展，将以迂回的方法，大大减轻广大土地上的人、畜压力，使大地获得时机得以养息。

植物生产的干物质，90%～95%是植物利用太阳辐射中的光能通过光合作用合成的有机物，植物生产中提高产出，增加收益的根本途径，在于充分利用绿色植物的光合潜力。生态环境条件的优化组合就是充分利用光合潜力的有效手段。它包括温度的适中（例如，C^3植物15～25℃；C^4植物25～35℃），CO_2浓度的加大（例如，加大至正常浓度的三倍，达到CO_2为1000ppm），充沛的阳光辐射或可控人工光源辅助（达到相应作物的光饱和点），适宜的水分供给和营养元素及时补充以及空气的流动等。人工条件的组合，不单在生态要素之间存在着复杂的联系，而且由于具体措施的技术限制，条件内部互相制约，甚至只能顾此失彼。例如，为降温而采取的通风量就会使CO_2增加浓度的努力难以奏效。而且，植物生产的重要特性之一是生命活动的自身节律性，生命生理活动的阶段性特点以及植物对环境刺激的反应等等。加之，不同的植物，甚至不同的品种，都有明显的差异性。因而，总结制定出适合于沙漠自然条件下，针对不同光合作用类型作物的一种技术上简化、类别上优选、效益上合理的温室大棚实用技术规范，用来指导生产用户，就是迫切需要的。

温室技术在沙产业中的发展，可以有不同的目标。例如，为单项的专业化生产，甚至是某一品种的生产，设计高效的温室。借助于温室可控生境条件的优点，专业生产在当地自然条件下不能生产或对生境条件有特殊苛刻要求的植物产品，增强竞争力。农业型生产中循环出的废弃物，可以开展多层次利用，发展建立在扩大食物链基础上的生态农业模式，包括把沼气池，水产养殖，真菌和藻类的培养以及传统的大田作业拼接为一。针对不同的目的，还可以把温室技术发展成为各具特色的类型并加以优化，例如，为水源缺乏的地区设计节水型，在大沙漠的中心为保障自身的供给设计生产基地型等等。一种制式的温室装配单元工厂化生产，将会使基建的成本降低和便于维修、更换部件。

在阳光充沛、空间广大的我国西北沙漠地区，温室技术的开拓和推广，不但将使现有的水资源得以更为合理充分的利用，还将引起农业型生产的革命性的变革，并向商品输出型转化。我国西北劳动人民有传统的勤劳美德和精巧细致的农艺技术，一旦打破了天然季节和自然地带性对光合作用的限制，将爆发出极大的生产潜力。一系列的新品种将随之推广，生产周期将会缩短，传统的作物和瓜果菜蔬品种将根据国内外市场的需求迅速更迭，换汇的农产品，将由于温室的大量推广而引

进，在西北的乱石戈壁和沙丘地上发展起来。我们可以乐观地期望知识密集型的沙产业新绿洲将会开创绿洲历史的新纪元。

三、未来的新绿洲

1. 微藻是一个理想的太阳能转化器

绿色植物是地球上最灵巧的太阳能转化器。但是，高等绿色植物只能通过光合作用固定其中的百分之一。

种植高等绿色植物以获取食品，自古以来就是人类利用太阳光能最有效的手段，也仍然是唯一的传统办法。但是，这种传统的办法有若干局限性：

绿色植物生长在土地上，但是，并不是所有的土地都适合于耕作。世界总面积133亿公顷的土地中，仅有约15亿公顷是耕作地和多年生作物地。

作物用通常的农艺技术种植，对阳光的利用率不充分，这是因为作物在生长期的开初阶段，群体的叶面积小，漏光损失多；叶面反射和透射，失却一部分光能；作物到达光饱和点后，不能利用多余的阳光；部分光能又以热辐射形式被浪费。

有些植物（C^4植物和CAM代谢途径植物）对光的利用率高，但在极端的条件下，生命体按自身的规律调剂。例如，高光强和高气温在一天之中是同步出现的。当气温升高，干旱加强时，植物体为了存活，关闭气孔，有效地减少蒸腾对水分的消耗。气孔的关闭也同样导致光合作用的降低。目前，人们还找不到有效的方法来提高它们的光合效率。

农作物的光合作用产品，有一半以上不能作为人体能量的直接来源。以小麦为例，其净光合作用产物的干物质，地下的根茬平均占11%。地上部分中，籽实和茎叶大致相当，各占50%左右。籽实中的皮壳，占26%。所以，人们吃食的部分，仅占净光合作用产物的33%。绿色植物的生长周期长，在生命活动的全过程中，也要自身耗费部分光合作用所固定、转化的能量。例如，大豆的整个生命活动过程中，至少有光合总能量的25%被呼吸作用所消耗；5%以上的能量被根瘤中的固氮菌和其他真菌利用：病虫害一般造成的损失占能量的5%～10%。

所有绿色植物种通过光合作用固定太阳能制造的产品总量，比作为食品的需求量高出几十倍、百倍。但是，迄今为止，只有很少的一部分光合作用产品直接作为食物加以利用。例如，水生区系的植物每年生产3250亿吨有机物，主要的产品是一些微小的、单细胞的藻类。鱼类只捕捞和消耗其中很少的一部分，而人类对它的利用则刚刚开始。但是，利用的前景，却十分诱人。

生物学家很久就注意到，生物越小，每克生物量的代谢越大。

有些肉眼几乎看不见的碳型藻类，其光合作用和呼吸作用的强度，大大超过同等重量的大型高等植物代谢总量。

有机体愈小，其更新的效率也愈高。微型藻类具有利用无机形式的碳和碳水化合物合成高品质蛋白的能力。因为它不同于生长周期长的高等绿色植物，所以，被看作是用来进行工业化方式固定太阳能的对象。换言之，微藻是一个理想的，有着诱人的巨大潜力的太阳能转化器。

关于藻类的光合作用机制，科学家们也还没有完全查明，有许多的谜底有待揭晓。

利用相应的装置，每生产1公斤的微藻干物质，在光合作用过程中就可转化6kw・h的光能为化学组织能。意大利“莫太吉桑”公司研究比较了微藻和其它不同作物的物质生产，得出下表。

不同作物的生产量比较

作物	每年生产的干物质量（吨/公顷）	蛋白质吨/（公顷・年）
小麦	5.0	0.6
玉米	12.0	1.1
大豆	2.0	0.7
苜蓿	10.0	2.0
微藻	50.0	32.0

我们于1993年中试成功的微藻生产装置，产量高于以上引证的资料。而且在工艺上保证了产品的高纯净。

2. 微藻有广泛的利用价值

16世纪初，西班牙探险家德尔卡在墨西哥湖畔发现当地的印第安人用细筛网打捞湖水中的“Tecuitaltl”。他们把漂浮物“Tecuitlatl”铺在地面上，几天后，收集晒干形成的2～3mm厚的薄饼，用来做成各种食品。这些漂浮物就是微藻。这种便于携带的食物，运到外地作为商品交换。

20世纪40年代，丹吉尔特在非洲的乍得也发现当地人食用藻类（Spirulina platensis）。1963年，法国石油研究所报道了乍得湖附近的居民食用干晒微藻“dihe”的习惯。比利时植物学家伦纳德（Jean Lonard）不仅观察了当地人泡制藻食品的方法，还确定了微藻富含蛋白。纠正了有人认为藻类不易被人体吸收的看法。

藻类直接为人类食用的价值，最早尚属我国。据记载，三国道士葛玄（164～244年）在江西修道时，就采藻类当饭吃。念珠藻属的（Nostoc commune）由此得名葛仙米。诗经上也有采藻而食的记载。

分析证明，小球藻（Chlorella）的干晒物质中，通常含蛋白质50%（20%～60%），脂肪和色素7%（8%），碳水化合物30%（30%～46%）和灰分

9%。在1公斤的小球藻干物质中，氨基酸的含量为（克）：赖氨酸24.06，组氨酸6.59，精氨酸27.20，天门冬氨酸40.79，甘氨酸22.97，丙氨酸37.63，缬氨酸25.18，蛋氨酸（甲硫氨酸）6.81，苏氨酸20.13，丝氨酸20.33，谷氨酸43.19，脯氨酸9.70，异亮氨酸14.05，亮氨酸34.59，酪氨酸10.69，苯丙氨酸22.86。其中的7种氨基酸为人体和动物自身不能制造，必须由食物中的蛋白质供应的必须氨基酸。

微藻中含有多种维生素。据测定，每公斤小球藻的干物质中，含有胡萝卜素1000毫克，抗坏血酸（C）5000毫克（鲜物质中），硫胺素（B_1）11毫克，钴胺素（B_{12}）80毫克，烟酸145毫克，泛酸15毫克，叶酸486毫克。

螺旋藻的蛋白质含量为50%～70%。脂类含量在5%以上，由非饱合脂肪酸组成，还有高浓度的r–亚麻油酸，这是构成维生素F的重要成份，对人体很重要，不会形成胆固醇。

从微藻的成份可以看出，它可以作为食品、饲料、饵料、添加剂；还可以用来提取药品、着色剂，也可作为美容化妆品的原料。

据日本的《最新技术情报志》报导，日本明治大学教授岩本浩明和东京大学山口胜领导的一个小组受日本通产省的委托，利用黄被藻（Botryococcus）成功地采收碳氢化合物。实验表明，每平方米微藻培养槽每天可获取汽油5～6克。黄被藻（Botryococcus）原产英格兰，欧洲大陆和北美都有。这种藻体中色素体通常含有过量胡萝卜素，光合作用的产物为油，不为淀粉，细胞壁大部分含有果胶化合物。实际上，黄绿藻、黄褐藻以及矿藻都有这种产油的特性。据报导，美国科罗拉多州的太阳能研究所也成功地把藻油转化成柴油和汽油。法国和比利时也在从事此项研究。目前，用这种办法得到的燃料成本很高，相当于原油价格的7倍。但是，也有消息说，美国准备在亚利桑那州和新墨西哥州建微藻农场，用来补充美国石油燃料（6%）。

3. 以提高光合作用效率为目的的大型人工装置是未来新绿洲的开发模式

在自然状态下，太阳给予沙漠的能量虽然是巨大的，但沙漠这个自然综合体能为人类固定的能量却少得可怜，通常认为是70g（干物质）/（m^2·年）。

如果我们把沙漠的表层看作为一个体系，一个能量交换的体系；这个体系（包括生态系统在内），唯一的能量根本外源是太阳能，则参与太阳能热交换的基本物质大体可以包括（除生态系统外）阳光接受表面（沙粒、石块、土壤）；传热的工质空气：各种形态的水。从热量交换的角度分析，这些基本物质均有各不相同的特质。如果利用这些就地取材的物质的物理性能，用仿生学的思维，借助现代的技术和材料，模拟自然界存在的现象（如大气泵、微型爆发气流……），就会建造一种沙漠表层的人工大型装置，使太阳辐射到沙漠地表的能量，容易进人装置而难以逸出。通过这种装置，使太阳辐射能在大面积上固定、转化，为解决人类的需求服

务。这种太阳能人工转化装置的核心工艺，就是光合作用。光合作用利用的转化器是有生命力的微型藻类。一个全天候的、以光合作用为主车间的这种人工装置，就是沙产业未来的新绿洲。

这种人工装置不应该理解为神秘的和远不可及的。就热交换的科学原理而论，现阶段已经在大面积上使用的农用地膜，改变了农田土壤的水热交换状况，可以认为是人工装置最原始的起点；塑料大棚和温室这种保护地生产方式，可以认做是人工设施的在今天的一个发展阶段；而更高层次的人工装置，则应包括更高的技术和更新的科学成果，例如，用微藻取代高等植物，用管道连续生产，为保证全天候生产提供人工光源建立气流电站等等。

这种人工装置的一个重要构成部分是在大面积上建设热隧道。应用透光的树脂塑料或玻璃，把大部分的太阳辐射能量保存在隧道中，避免与大气交换而散失。参与热交换的物质，都将遵循热力学的基本规律运转。沙漠中现存的表象，反映了这些物质的特别性状：

——风成沙、滨海沙、冲积沙，由于平均粒径、分选程度的不同（颗粒的填集排列），其孔隙度不一。但是，在自然状态下，其孔隙度大致在24%～43%区限内。浅色细砂对太阳总辐射的反射率为0.37（水面为0.05，干草地为0.19）。

——沙砾质的地表升温很快。1933年8月6日，卡什卡洛夫在别特巴科达拉石质戈壁测得，地表面早5点为23.0℃，10点30分为45.0℃，正午1时为52.2℃。1925年5月中旬，在卡拉库姆沙漠中晨6点30分沙地地面23.7℃，白天2点45分为49.0℃。地表的降温也很快，日出前的一段时间，沙漠中的温度最低。1927年5月7日，他在卡拉库玛赫测得如下数据：早7时12.5℃，正午1点21.5℃，晚9点11.0℃，深夜零下。在中亚的别特巴科达拉8月份白天测得42.0℃高温，当天夜间测到了4.5℃低温，昼夜差达40℃之多。有人在撒哈拉沙漠测得沙面的最高温度达78.℃，在中亚的列别捷克测得77℃。

——地面温度升高快，但地下温度却变化慢。卡什卡洛夫在沙漠中测得，地表温度晨6点30分到白天2点30分由23.7℃升高到49.0℃，沙面以下25厘米处温度由26.5℃变为25.5℃。在石质戈壁上，温差在地表8小时内由23.0℃升为52.2℃，而距地表20厘米处只上升1℃。例举这些实测的不系统的资料是试图证明，沙漠戈壁存在着利用温差的巨大潜力。

——威廉在埃及开罗附近测得，当气温30℃时，地表温度高达55℃。沙漠地区有许多创纪录的高气温，在加利福尼亚和内华达交界的死河谷，1913年7月8日至14日观测到52.7～56.6℃；在北非黎波里塔尼亚的阿济济亚，观测到58℃的高温；澳大利亚威廉克里克曾有过48.3℃的纪录；撒哈拉沙漠中有几处纪录到55℃左右的高

温。自然界，在没有任何人工设施的情况下，能够出现如此高的气温，人工的设施当然可以制造更高的高气温。

——拉尔姆特（1990）在研究小气候中，观测到空气以每秒1米的速度在灼热的沙面上流动时，就会影响沙面的温度：25℃的空气在48℃的沙面上移动，能使沙面下降10℃；气温为35℃时，实际上沙面温度不变；气温上升到45℃时，地表有可能提高5℃。

——空气的热容量最小，每cm^3升高1℃，需要0.0003cal的热量。

——水的热容量很高，每cm^3升高1℃，需要1cal热量。

——水与其他的液体一样，有蒸发的特性。蒸发的速度决定于蒸发面的温度、湿度差、风速和气压等。水的蒸发过程是吸热的过程。

——大气干旱，是沙漠戈壁中大气的一个显著特点。我们在沙漠中测到的空气相对湿度，通常不到5%。

我们在非洲的沙漠中看到的白蚁巢穴，巧妙地利用“空穴来风”制造气流；阿拉伯有一条谚语说，“风儿伴着阳光来”；沙漠中的传热工质有许多可以人工制造温差的可能。人工构造一个大型的金字塔，在塔体内腔中，利用热交换的机理，把热隧道中的干热空气导入，用急湍气流发电，就为热隧道中的微藻生物反应器提供了夜间的人工光源，保证微藻全天候进行光合作用。

在钱学森教授沙产业理论的指引下，运用全部的现代科学技术，采用系统工程和综合利用的方法，未来的新绿洲开发模式将变不毛之地为沃土。

（作者简介见编委会成员介绍。）

以科学的发展观为指导加快内蒙古沙产业发展步伐

杨利民

党的十六大以来，以胡锦涛同志为总书记的新一届中央领导集体高瞻远瞩，审时度势，向全党提出了树立和落实以人为本，全面、协调、可持续发展观的号召。科学发展观的提出，是我们党对马克思主义发展观的丰富和完善，是对社会主义市场经济条件下经济社会发展规律在认识上的重要升华，是我们党执政理念的一个飞跃。我们在各项工作中都要认真贯彻落实科学的发展观。对于沙漠化问题较为严重、生态环境比较脆弱的内蒙古来讲，以科学发展观为指导，加快沙产业、草产业的发展步伐，具有特殊重要的意义。

多少年来，人们一直把沙漠戈壁视为人类生存发展的大敌进行整治，而没有看到它可以开发利用、造福人类的一面，其结果是走了一条只注重生态治理，而忽视产业开发，甚至还出现了边治理、边破坏的情况。深刻反思人类与沙漠作斗争的历史，我们就会明白，沙漠所造成的自然灾害既有自然的原因，也有人为的因素，很大程度上是由于人与自然的不和谐相处酿成的苦果。这方面的事例国内外都有。比如，前苏联因在上世纪50年代初建设了被称为“世纪工程”的卡拉库姆大运河，结果30年之后引发了600多万公顷水浇地盐渍化的“白风暴”。在我国，一些地方迫于人口增长的压力，进行垦草种粮、毁林扩种，结果造成草场退化、森林减少、土地沙化，以至部分地区不得不移民搬迁，陷入“沙进人退”的境地。

对于防沙治沙和开发沙产业，我国科学界进行了不懈的研究探索。20世纪60年代初期，著名科学家钱学森院士在内蒙古巴丹吉林沙漠戈壁从事火箭和导弹发射研究工作时，曾提出“要用科学技术经营沙漠”，让沙漠为人类创造财富。1984年，钱老又应邀在《内蒙古日报》和内蒙古党委决策内参《调研信息》上发表专论，率先系统地提出沙产业理论，并预言创建农业型的知识密集沙产业将是21世纪在中国出现的第六次产业革命。钱老提出的沙产业理论，围绕一个“省”字，坚持走资源节约再生的循环之路；突出一个“链”字，坚持走“草畜工贸四结合”的龙型生态经济之路；强调一个“转”字，坚持走新型的工业化的集约经营之路；追求一个“增”字，坚持走技术创新、成果集群、系统耦合、利用综合、文化衔接、效益叠加的知识经济之路。这一理论，符合科学发展观的要求，为我们重新认识沙漠、经

营沙漠开启了全新的思路。

人类科学研究和生产实践活动表明，沙漠是一种宝贵的自然资源，只要以科学发展观为指导，用新的思维、新的理念、新的视角去认识沙漠，加快治理开发步伐，沙漠就能变害为利，造福人类。沙漠戈壁以其光照充足的自然优势，在极端严酷的自然条件下衍生着许多极具生命力的珍稀沙生动植物，开发利用价值很大。沙漠戈壁又以其远离污染源的独特优势，成为人类未来的“绿色生命宝库”。国土面积仅有2万多平方公里的以色列，60%以上的土地是年降水在300毫米以下的荒漠。以色列人在严酷的自然条件下，依靠管理和技术，在沙漠上创造了世界农业的奇迹，被誉为是“欧洲的冬季厨房”。以色列专家曾断言：“农业的未来在沙漠”。我国有16亿亩沙漠戈壁，相当于全国的耕地面积，集中分布在西北地区。内蒙古荒漠化面积大、分布广，全区17.7亿亩土地，从西向东分布着五大沙漠和五大沙地，沙区总面积为11.2亿亩（其中沙漠化和潜在沙漠化土地5.4亿亩），占全区土地总面积的63. 3%。与此同时，全区60%的农田和半数以上的草牧场不同程度地风蚀沙化，全区90%的贫困旗县集中在沙区。内蒙古的沙漠化不仅给当地群众生产生活造成极大困难，而且还威胁着我国东北、华北和西北地区，甚至直接影响到首都北京的生态安全。治理生态环境，开发沙产业，既是内蒙古经济社会发展中一项十分艰巨而紧迫的任务，也是实施西部大开发的一个战略重点。

多年来，内蒙古一直高度重视防沙治沙工作，并取得了明显成效。特别是国家实施西部大开发战略以来，内蒙古自治区党委、政府把生态环境治理作为最大的基础设施建设，并寓沙产业开发于生态治理之中，坚持在治理中开发，以开发促治理、增效益的工作思路，把沙漠治理、开发利用与推进农牧业产业化、工业化、城镇化紧密结合起来，不仅恢复了生态，而且发展了生产，改善了城乡居民的生活，步入了“沙漠增绿，资源增值，农牧民增收，企业增效”的良性循环。目前，全区已建成了具有一定规模的林、草、沙产业各有侧重的试验示范基地，涌现出一批以民营企业为代表的沙产业开发龙头企业和企业家，初步呈现出产业化发展的良好态势。内蒙古和林格尔县原是一个风蚀沙化严重的贫困地区，通过在风蚀沙化土地上种植沙棘、甘草等沙生植物和发展养殖业、加工业，走上了富民强县的道路。内蒙古鄂尔多斯市有数百万亩沙柳，每年可提供55万吨平茬沙柳条。中国制浆造纸研究所研究表明，沙柳是一种理想的造纸原料，只要加入20%左右的木浆即可弥补沙柳纸浆纤维短的缺陷，生产出高档挂面箱板纸，并能完全替代进口产品。根据这一研究成果，原来以生产羊绒制品为主的企业东达蒙古王集团收购了两家造纸厂，通过进行技术改造，将用10年时间建成50万吨沙柳制浆项目。为保证原料供应，这个集团投入6300万元，在库布齐沙漠种植了300万亩沙柳，并以林草间作带动了饲料加

工业。企业在发展沙产业实践中都取得了良好的生态、经济和社会效益。这样的企业在内蒙古还有很多。东达蒙古王集团等企业的成功实践，得到了钱学森院士的高度评价，他指出，东达蒙古王集团等企业是在从事一项伟大的事业，将林、草、沙三业结合起来，必将开创我国西北沙区21世纪的大农业。实践充分证明，大力发展沙产业，是中国西部荒漠、半荒漠化地区农牧业开发、生态建设的一条有效途径，也是促进这些地区早日实现全面建设小康社会目标的一条新路。

当前，国家实施西部大开发战略已进入了新的阶段。国务院最近召开会议，对深入推进实施西部大开发战略做出了新的部署，并制定了旨在进一步促进西部大开发的若干政策措施。这为内蒙古继续搞好生态建设，加快发展林、沙、草等产业带来了新的机遇。我们要紧紧抓住西部大开发的历史机遇，以“三个代表”重要思想和党的十六大精神为指针，以钱学森院士提出的沙产业理论为指导，坚持寓沙产业开发于生态建设之中的方针，大力发展沙产业。要积极引进、推广、运用现代科学技术，通过光合作用固定、转化太阳能，以市场为导向，以经济效益与生态效益、社会效益“三效”统一为目标，建立科学的利益机制，调动各方积极性，加快发展知识密集型的沙产业，实现由治理沙漠向经营沙漠的转变，把内蒙古建设成为祖国边疆的绿色生态屏障和重要的绿色产业基地，推动全区全面建设小康社会目标的如期实现。在具体工作中，要突出以下几个重点。

一是根据沙漠戈壁和沙漠化地区的不同类型，进一步制定和完善内蒙古发展沙产业的中长期规划。要结合制定“十一五”发展规划，认真总结经验，完善政策，因地制宜地制定沙产业发展规划。从内蒙古实际出发，围绕生态建设的重点区域和重点工程，重点开发沙棘、沙柳、山杏、麻黄、苁蓉、甘草、有毒灌草、天然胡萝卜素、荒漠藻治沙及藻类沙产业，并开发沙漠旅游项目。

二是进一步加强对沙产业的开发研究工作。要高度重视沙产业的开发研究工作，建立健全与之相适应的社会化服务体系，充分发挥内蒙古沙产业、草产业协会等中介组织的作用，积极主动地联系、协调、组织区内外的资深专家、科研院所、重点企业和有关部门，努力解决好沙产业开发研究中存在的人才、技术、资金等方面的问题，推动沙产业开发研究不断取得新成果，并尽快转化为现实生产力，为全国沙产业开发积累经验。

三是高度重视发挥现代科学技术在发展沙产业中的支撑作用。进一步深化科技体制改革，健全和完善有利于沙产业发展的科研体制和工作机制，充分调动区内外有志于投身内蒙古沙产业开发和研究工作的广大科技工作者的积极性，发挥他们的聪明才智。同时，要努力拓宽筹资渠道，切实增加对沙产业的科技投入，大力引进和推广应用国内外的先进技术与经营管理经验，努力在沙产业开发的某些领域实现

技术跨越。

四是充分发挥企业集团在沙产业开发中的龙头带动作用。沙产业具有一定的公益性，周期长，早期效益不明显，不能急功近利。我们要通过提供良好的配套政策服务，鼓励和吸引各类企业积极参与沙产业的开发。各级政府要从政策、资金、技术等方面积极引导和扶持区内外各类企业集团，特别是民营企业进军沙产业，使他们不仅能够得到近期利益，而且可以得到长远发展。

五是整合社会资源，大力推进沙产业健康发展。开发沙产业是一项社会系统工程，要加强领导，培养人才，树立典型，抓点带面。要协调处理好科技人员、企业和农牧户之间的关系，充分调动各方面的积极性，形成市场导向、龙头带动、技术集成、利益驱动、行政服务、群众参与的“六位一体、六力合一”的产业开发新格局，推动“公司十基地十农（牧）户”，种养加一体化，产供销一条龙的专业化协作和市场化运作，打造核心竞争力和品牌优势。

作者简介：

杨利民，男，汉族，1948年12月出生，甘肃省酒泉市人，兰州大学哲学系毕业。现任中央纪委驻交通运输部纪检组组长、党组成员。中共十六届中央候补委员，第17届中纪委委员。历任甘肃省党委常委、组织部部长，内蒙古党委常委、组织部部长，内蒙古党委副书记等职。系内蒙古沙产业、草产业协会创始人，协会两届名誉会长。

对张掖地区防沙治沙发展沙产业的思考

马西林

1984年，钱学森教授提出建立“农业知识密集型沙产业”的建议，把长期以来人们认为沙漠分布区域是人类禁区的片面认识纠正了过来，是人类认识和利用资源上的一次革命，其意义无疑是十分深远的。我们甘肃省张掖地区10多年来的实践证明，钱学森教授这一建议对于指导干旱半干旱区域的沙漠治理和沙区资源的合理利用，实现环境、资源、人口和区域经济的协调发展有着重要的现实指导作用。

张掖地区位于河西走廊中部，南靠祁连山与青海接壤，北依巴丹吉林沙漠和内蒙古毗邻。全区辖五县一市，120万人，总面积4.2万平方公里，折合6288万亩。内有耕地280万亩，沙漠300万亩，戈壁600万亩，盐碱地120万亩，境内属大陆性温带干旱气候，干旱少雨，风大沙多。有两条沙带纵穿全区，沙线长达400多公里，直接威胁6个县、市，82个乡的100万亩耕地。

建国以来，特别是党的十一届三中全会以来，党中央、国务院把张掖地区列为“三北”防护林体系建设重点地区之一。我们从实际出发，制定了管理和保护祁连山水源涵养林，积极建设中部绿洲区农田防护林，大力营造北部防风固沙林的防沙造林发展战略，坚持宣传教育先行，政策扶持引导，科学合理规划，生物工程措施并举的方法，开展了大规模的群众性防沙治沙运动。目前，我区保护农业的绿色屏障基本建成。生态经济型林业新体系正在形成，有力地促进了农牧业生产的不断发展。到1993年，全区人工林保存面积达154.5万亩，加上天然森林，总面积达到546万亩。森林覆盖率由解放初期的4.5%提高到8.67%。各种林木总蓄积量达到1297万m^3。北部和甘新公路两侧已建成15条大型防风固沙林带，防护林面积达150万亩，中部绿洲内已有150多万亩农田，62%的道路和75%的渠道实现了林网化。张掖、临泽、高台3县、市已实现了平原绿化达标，受到国务院、国家绿化委员会和林业部的表彰奖励。

防风固沙林带和农田林网的形成，改善了绿洲小气候，为发展“两高一优”农业创造了较好的生产条件。据气象部门观测，近几年与60年代相比，年均8级以上的大风由16天下降为14.9天，沙暴日由8天下降为7天。从70年代末期防风固沙林带和农田林网形成以来，干热风危害在绿洲内已基本消除。全区粮食生产连续12年丰收，1993年粮食总产量达到8亿多公斤，比1978年增长83%，人均生产粮食824公斤，人均提供商品粮近400公斤，商品率达46%；油料总产达5100万公斤，比1978年

增长10倍；果品总产量达到4000万公斤，林果业总产值由1978年的740万元增加到1993年的8000万元，占农业总产值的比重由3.9%上升到5.6%。大牲畜饲养量达到45万头（匹），生猪饲养量100万头，羊只饲养量150万只，分别比1978年增长45%、156%和25%。

回顾总结近10年来我区的防沙治沙工作，虽然取得了比较明显的成效，但是对照钱学森教授的建议，还存在三个值得思考的问题：一是对如何综合治理沙漠和开发利用沙区资源缺乏系统的研究，因而工作中只是被动地防沙治沙，尚未转到全面开发利用沙漠资源的轨道上；二是在防沙治沙工作中重眼前利益，轻长远利益；重经济效益，轻生态环境效益。对在沙区大面积打井开荒，造成地下水位下降，土地盐渍化等问题很少考虑；三是对沙区丰富的太阳能资源、植物资源开发利用的思路狭窄，经济效益不够明显。

钱学森教授所提出的建议，给我们重新认识沙漠资源以深刻的启迪，为我们全面开发、利用沙漠指明了方向。在今后治理沙漠、开发利用沙漠资源中，我们应当解决好以下四个问题：

一、重新认识沙漠资源，确立正确的治理开发指导思想

在当今，技术进步使人类有了更强大的武器，资金亦将不是开发资源的主要障碍时，一个正确的指导思想，比任何时候都更有意义。对沙漠的利弊我们也要重新认识。沙漠过去在人们头脑中的印象就是干旱少雨、风沙肆虐、草木不生，不仅无开发利用价值，而且是发展农牧业生产的一大危害，人类只能被动地防沙治沙。这种囿于缺乏深入的科学研究而产生的认识是在所难免的。随着人类对沙漠研究的不断深入，使我们逐步认识到，如同任何事物都有两重性一样，沙漠既有它自然条件严酷和对农牧业生产造成危害的一面，但同时也有它太阳能资源丰富和有许多沙生植物可开发利用的一面。沙漠戈壁上天然植被中的灌木、乔木和藻菌类，可以开发加工。因此，我们既要看到沙漠危害性的一面，又要看到沙漠可供人类开发利用的一面，避害趋利，变单纯的防沙治沙为全面的综合开发利用沙漠资源，使沙漠资源造福于人类。

二、充分利用太阳能资源，大力发展温室农业

太阳是一个巨大的辐射源，阳光辐射到地球表面的总功率高达200万亿千瓦，比全世界发电站的总功率10亿千瓦多20多万倍。太阳是取之不尽、用之不竭的“干净”能源。而沙漠中的太阳能较之其他地区更为丰富。据资料统计，荒漠中的太阳辐射高出温带1倍以上。所以，开发利用沙漠资源，首先应当利用其丰富的太阳能资源。这方面，不论国际、国内都有成功的范例。以色列这样典型的沙漠国，之所以能够成为“欧洲的冬季厨房”，就是靠他创造的独一无二的沙漠温室。我区地处沙漠地带，年日照时数2683～3078小时，日照充足，昼夜温差大。利用充足的日

照，发展温室农业有着优越的条件。80年代以来，我区引进推广塑料大棚日光温室技术，发展蔬菜生产和暖棚养猪，取得了良好的经济效益。据实地调查测算，建一座占地700平方米左右的日光温室投入2000元，而年收益在3000～4000元，同面积的高效节能日光温室收益在1万元以上，最高可达1.6万元。与同面积的露地栽培相比，日光温室收入高1倍多，高效节能日光温室高2～3倍。在显著的经济效益拉动下，全区塑料大棚和日光温室迅速发展。目前，全区有塑料大棚蔬菜面积2.1万亩，日光温室蔬菜面积7600多亩，合计2.86万亩，占蔬菜总面积的三分之一。塑料大棚和日光温室的推广，增加了复种指数，充分利用了土地资源，改变了我区一年一熟为一年两熟或三熟，将夏令蔬菜改为冬季生产，大大提高了蔬菜的产量和种菜的效益，目前，张掖的蔬菜已销售到全国20多个省、区，并且远销到日本和东南亚一些国家。同时，我们还将塑料大棚技术推广到畜牧业上，发展暖棚养猪，现已有暖棚猪舍31.8万间，还建起了一批规模较大的万头猪场和千头猪场，用配合饲料喂养，150多天就可出栏。按目前市场价格，头均收入1000多元，比传统方法喂养，效益翻番。

三、发展节水农业，保护好现有绿洲

干旱是西北地区自然灾害之首，是影响农林牧业生产的主要限制因素。因此，多年来我们始终把兴修水利，开发新的耕地作为保证农业丰收，增强农业发展后劲的主要措施来抓。目前，区内共建成中、小型水库43座，总库容1.83亿m^3；修建干支渠660条，3900公里；建塘坝33座，打机井3165眼，修提灌站155座，开垦荒地29.4万亩。这些工程措施的实施，对防旱抗旱，保持农业生产的稳步发展起到了积极的作用。但由于我区水资源有限，境内黑河、梨园河、山丹河等26条河流年径流量25. 59亿m^3，人均占有水资源2139m^3，低于全国人均水资源2695m^3的水平。随着工农业生产发展，对水的需求量越来越大，以及由于传统灌溉方法造成的水资源浪费，缺水矛盾越来越突出。单纯依靠建库修渠，打井灌溉的办法，从局部和目前看，效益是显著的，但从全局和长远看，地下水过度超采，将会造成上下游矛盾更加突出，地下水位大幅下降，土地盐渍化，大量天然植被和人工林，仅靠稀少而又不及时的降水，难以维持最低限度的生长需要而枯死，使地面裸露，扩大沙漠化土地，并直接威胁现有绿洲农田。因此，必须走依靠科技，推广节水灌溉措施，提高水利用率的路子。目前我们采取的主要节水措施是改土渠为水泥预制板补砌渠道，使水的利用率由过去的35%左右提高63.6%；划大块地为小块灌溉、小畦灌溉，节水率10%～50%，亩均节水50～60m^3。这些措施虽然适合目前农村经济发展的水平和农民的科技文化素质，投入较少，群众易于掌握，但节水效果远没有低压管道输水、软塑管输水、滴灌等技术显著。从根本上讲，应先推广目前比较接近农村经济水平的低压管道输水，然后推广最理想的，也是最先进的滴灌节水技术。目前，我

区已推广低压管道输水灌溉面积3万多亩，渠系有效利用系数可达90%左右。滴灌技术目前在我们地区开始推广，其节水率比大田灌溉高50%左右，亩节水160m^3。推广这项技术要有三个基本条件：一是农村经济水平要提高，农民能承担起高额设备投入；二是科学文化素质要提高，有较高的管理水平和维修能力；三是滴灌设施要用在发展高效农业上，如蔬菜、花卉、瓜果等，以高投入获取高产出，以高收益维持高投入，实现良性循环，否则难以持久。这项技术要随着农村经济实力的增强和农民科技素质的提高逐步推广。

四、开发沙漠植物资源，发展沙产业

沙漠戈壁上天然分布着许多沙生植物和藻菌类，虽然大都其貌不扬，但却是在严酷环境里经过长期自然筛选幸存下来的优胜者。很多沙生植物有食用、药用、油用等经济价值。如甘草是制药工业中的基本原料，用途十分广泛；发菜是高级菜肴，营养十分丰富；黄参既可药用，也可食用；白刺的核果，民间叫沙樱桃，可生产天然饮料等。这说明，开发加工沙生植物，前景广阔，大有可为。主要要解决三个问题：一是要加强对沙生植物的科学研究。沙漠中的许多天然沙生植物，用途十分广泛，但由于人们不认识，所以长期未被开发。如我区山丹一带所产的黄参，含有人体所需的多种氨基酸，营养价值十分丰富，但由于不认识，过去一直未开发利用。1993年经北京食品营养研究所化验鉴定后才使人们认识到它的价值，进行采集加工，成为饭桌上的名贵菜。二是要有可依托的加工企业。要把沙生植物的资源优势变为经济优势，必须走加工增值的路子，如甘草，如单纯出售原料，每吨只有2800多元，加工成甘草膏后售价可达1.8万元。根据我区及邻近地区甘草资源丰富的特点，我们将张掖市日用化工厂转产为中药提炼厂，生产甘草膏及麻黄素，年产值680万元，利税79万元，使这个200多人的小厂效益十分明显。三是要处理好开发与保护的关系。我们既要积极开发利用沙生资源，又要注意保护资源，防止破坏植被。还要进行人工种植，以永续利用。

作者简介：

马西林，曾先后任甘肃省张掖地委书记、甘肃省委副书记，现任甘肃省沙草产业协会名誉理事长。

该文原刊登于中国科学技术出版社1995年7月出版的《纪念钱学森建立沙产业理论十周年文集》。

多采光 少用水 新技术 高效益

——学习、实践钱学森沙产业理论的体会

李建树

钱学森教授创建沙产业理论迄今已经十四年。

十四年来，我学习、实践钱学森沙产业理论体会诸多。体会最深的一点是，要把钱学森沙产业理论变为改造利用沙漠的强大武器和现实生产力，必须将其科学原理与实践结合起来，从实际出发，走多采光、少用水、新技术、高效益的路。

大家都知道，地球陆地表面广泛分布着沙漠。为了改善和拓宽人类生存环境，人人都渴望改造利用沙漠。

然而，千百年来，人们总是思考着如何拦截地面水，挖掘地下水，远距离调水，运用改变天然水分布格局的办法“开辟水源”，在沙漠里发展灌溉农业，以此来改造利用沙漠。这已成为思维定式和天经地义的行为。效果如何呢？局部地区成功的实例不少，但从总体上看，从长远看，成功总是伴随着大自然的惩罚，往往是得不偿失。因为沙漠地区水源匮乏，且蒸发量特大，用改变天然水分布格局的办法，特别是滥用水资源来发展灌溉农业，不仅耗费巨大，水量毕竟有限，不足于改造利用沙漠，还会造成土地沙化、盐渍化面积扩大和沙暴灾害加剧等生态性的灾难。危及当代，也遗患后代。

我国杰出科学家钱学森教授将目光投向太阳能，高瞻远瞩，用新的思维来看待沙漠的改造利用。他从沙漠水资源匮乏，但太阳能异常丰富，是取之不尽，用之不竭的能源这一实际情况出发，于1984年8月20日在《农业现代化探讨》刊物发表了一篇具有战略意义的文章：《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》，明确地提出了在广阔的沙漠里利用太阳能建立沙产业的构想。接着，他又对沙产业的概念和定义、内容和外延、发展方向和目标、建立手段和措施，乃至运行机制，陆续作出一系列科学论断，形成了沙产业理论。

钱学森教授构想的沙产业，是“运用全部的现代科学技术，包括物理、化学、生物学这样的基础学科，通过植物光合作用固定、转化太阳能，建立知识密集性农业型的沙产业。”对此，宋平同志简明、形象、深刻、准确地将沙产业喻为“阳光农业”。从“灌溉农业”转变为“阳光农业”，这是思维上的一个飞跃，揭开了改造利用沙漠的新篇章。

利用太阳能是钱学森沙产业理论的核心。实践沙产业理论首先就要将太阳能视为植物生长发育诸要素中的主导要素，着力于多采光。只有多采光，才能提高太阳能的利用率，转化更多的物质财富。钱学森沙产业理论发表后，甘肃河西走廊、内蒙古赤峰等地在沙漠中运用“日光温室”、“日光暖房”、“地膜复盖”、“间作套种”，四项采光技术，尽管提高太阳能的利用率不到1%，但产值却成倍、成几倍地增长。实践证明，单靠植物自然力的作用固定、转化太阳能是有限的，如果加以人为措施予以辅助，实现其多采光，把太阳能的利用率提高1个百分点，“在广阔的沙漠中就可建立起可产出上千亿元产值的大事业”。

多采光的同时，要少用水。水是植物生长发育诸要素之一，发展以太阳能为主导要素的沙产业没有水不能凑效，但是用水多了则有害无益。为了避免滥用水资源，浪费水资源和多用水造成土地盐渍化等生态性的灾难，要尽量少用水。改变“大水漫灌”式的灌溉方式，实行“节水灌溉”。近10多年来，不少地方发展沙产业运用“沟灌”、“滴灌”、“喷灌”三项节水技术，一般都节约用水70%以上，不但满足了植物生长发育的需要，也取得了较佳的经济效益和生态效益。

发展沙产业要运用新技术。沙产业是以固定、转化太阳能为基础，知识密集性农业型的产业，与传统的农业技术、治沙技术都不相适应，必须“运用全部的现代化技术”予以装备。首先，要运用高新技术为沙产业的发展研制新材料、新设施，培育新品种，设计新工艺。

高效益是发展沙产业的目标。发展沙产业首先要有采光设施，这就为“农业生产工厂化”奠定了基础，使野外作业的农业生产变成了“设施农业”或称其为“环境控制农业”，从而能够大大提高人们控制自然环境，驾御大自然的能力，使农业稳产高效就有了可靠保证。因此，在发展沙产业的过程中，一定要瞄准高效益这个目标。舍得投入，实行高度集约经营，生产附加值高的名、特、优、新商品。

当然，走多采光、少用水、新技术、高效益的路，只是第一性生产，要使沙产业尽快兴起、发育、完善，形成规模效益，还必须依靠市场拉动，贸、工、农结合的机制运行。

我们坚信，在钱学森沙产业理论的指导下，沙产业这个伟大事业必将在我国广阔沙漠中蓬勃发展，不但能形成上千亿元产值的新兴产业，还能有效地遏制土地沙漠化扩大，加速改善生态环境。

作者简介：

李建树，曾任陕西省榆林地区行署专员、林业部三北防护林局局长。

开发沙区第一资源，发展沙区农户小型风电、光电上网供电系统

——以石羊河流域为例

魏万进　宁杨锁

钱学森是伟大的人民科学家，为中国研制“两弹一星”立下永垂青史的功勋。他当年在酒泉卫星发射中心和金塔导弹试验基地指导试验发射工作时，看到沙漠地区生态环境的退化和当地人民群众生活的艰辛，思考如何用科学技术来解决生态问题，帮助群众脱贫致富。他集成广博的科技知识，高瞻远瞩地提出了“沙产业”的设想，为沙漠地区的科学发展指出了方向。钱学森在对沙产业概念的阐述中，多次提出应用沙区太阳能、风能。在《创建农业型知识密集型产业——农业、林业、草业、渔业和沙业》的学术报告中，他说沙产业是“农业型的知识密集产业”，“限于植物本身的能力，上述巨大太阳光能只有很少一部分转变为植物产品，这个比例不到百分之一，常常只有千分之一，那百分之九十九以上的太阳光能到哪里去了呢？……在地球上还转化为风力和水力资源，这当然重要，因为我们在这里讲的农业型产业也要利用风力和水力来发电，用于生产”。“沙漠戈壁有充足的阳光，可以直接用太阳能电池来发电，沙漠戈壁的风力资源也很大，可以利用来发电。这可以是一项非常重大的产业，但都是直接利用太阳能，没有通过植物的光合作用，不属于农业型的生产”。在写给沙漠学专家、终生践行推动沙产业的中国科协原副主席刘恕的信中，钱学森说：“‘沙产业协会’，或‘沙业学会’，要宣传沙产业在我国社会主义建设中的重要性，并讨论我国沙产业的50年规划，例如：在我国近20亿亩干旱地区戈壁沙漠及半干旱沙地选日照充足而又风沙不大的1亿亩作为太阳能发电区，年均电功率即可达10多亿千瓦。”钱学森对在沙漠戈壁上充分利用太阳能，对于在沙产业中发展风电、光电的重要作用，给予了高度重视。按照钱学森在沙漠戈壁中发展风电、光电的设想。本文提出沙区发展农户小型风电、光电上网系统。促进西北干旱和半干旱地区新能源建设，生态文明建设和农村小康社会建设。

西北干旱沙区拥有极为丰富的太阳能资源（太阳能和风电能），年均日照时间2800～3300小时，年均太阳能总辐射量每平方米140万～200万大卡或1400～1750kw·h，相当于每年太阳光能在地面上铺洒0.3m左右的标准煤层或0.2m

左右的原油层，是取之不竭的“露天煤矿”和“天然油田”。气象专家耿其亮1986年在《中国沙区的气候》一书中，在列举了全国沙区丰富的光热资源转换为标准煤和发电量的数据后，提出“这些数字对于少柴缺烧的沙区及干旱、半干旱区而言，意味着什么？”在光伏发电和风力发电技术发展的今天，完全可以回答。太阳能是沙漠地区的第一资源，应用光伏发电和风能技术，发展沙区农户型光电、风电上网系统，完全能够成为沙区农村的第一产业。让沙区的农户利用风能资源、光能资源生产出电能产品，从上网售电中得到可观的经济收入，从而用科技和经济方式促进关井压田，减少农业生产对水资源的消耗，推进退耕还林、退耕还草，加速内陆河下游生态恶化区地下水位的回升，加快生态环境的恢复改善。

一、水资源不足是河西沙区问题的根源

甘肃河西沙区属于温带干旱荒漠和暖温带极端干旱荒漠。北有腾格里、巴丹吉林沙漠，西有库姆塔格沙漠，风线长达1200公里。河西地区总土地面积27.48万平方公里，其中，沙漠戈壁14.03万平方公里，占总面积的51%。由发源于南部祁连山的疏勒河、黑河、石羊河三条内陆河水系形式的沉积平原和流经戈壁沙漠中形成的条块状绿洲，就是河西沙区农业生态区。河西地区的年平均降水量157.9mm，是全省年平均降水量405.5mm的38%，而年平均蒸发量为2000～3000mm以上，是全国最干旱的地区之一。因而，河西走廊农业生态区是一个没有灌溉就没有生态绿洲，没有灌溉就没有农业的地区。

由于人口的自然增长必然引起对耕地需求的扩大，在祁连山的水资源总量没有增加的情况下，上、中游人口和耕地的增长必然会减少流到下游的地表径流水量和地下潜流水量，使部分土地弃耕荒芜。更为严重的是，由于下游可用水量的减少，内陆河靠季节性河水补充维系的末端河道断流萎缩，终端的尾间湖由于没有河水的补充湖面逐渐缩小，甚至消亡逆变成干旱的盐碱滩。目前河西的三条内陆河都不同程度地出现了生态危机。疏勒河水系的敦煌、地下地表水减少，地下水位下降，著名的月牙泉面积由22亩一度下降为仅8亩，水深由7.5m一度下降到不足1m。黑河以前由于上、中游用水增多，下泄水量减少，致使下游内蒙古额济纳旗段河道断流，居延海干涸。后来，黑河每年向额济纳旗下泄8亿m^3水量，才使下游河道两岸胡杨林恢复了生机，居延海重又恢复了水面。但下泄河水后，中游张掖周边的部分湿地消失。最明显和最严重的是石羊河，在河西内陆河中，水量最小，流程最短，流域内人口最多，耕地最多，水的矛盾最突出。“这一状况在民勤表现得尤为严重。经

石羊河进人民勤的地表水由上世纪50年代的5亿m^3减少到不到1亿m^3，致使所有的湿地湖泽干涸，沙漠势不可挡地向前推移，出现了严重的生态危机”。“石羊河尾闾湖——青土湖，上世纪50年代还有水面，现已逆转为盐碱滩……35万亩灌丛处于死亡、半死亡状态，13.5万亩沙枣林枯梢死亡，400万亩天然草场退化为荒漠草场，为了生存，只能超量提取地下水……年均超采（地下水）4.8亿m^3。”最北部的湖区，“有30万亩农田弃耕，全县有10万亩农田沙化”；十多年来，湖区10万人口中，已有3万人因生态环境恶化而离开故土，外出谋生。

以上情况表明，在水资源不足的河西内陆河沙区，以传统农业推动社会经济发展的方式已不能可持续地维持下去。需要努力探寻农村经济增长，农民收入增加，生态环境能恢复和改善的新生产方式。

二、河西沙区有丰富的太阳能光热资源，正在建造为我国最大的风电、光电清洁能源基地

河西地区干旱和极度干旱的地理自然条件，给河西（沙区）农业生态带来了许多不利：沙漠侵蚀、土地沙化、沙风频发、沙尘暴（携卷沙尘的暴风）严重、阳光辐照量大、日照时间长、地面水蒸发量高，而诱发农作物生长期的干热风等。沙灾、风灾、旱灾，表征了河西沙区农业生态环境的严酷。原生环境问题和次生环境问题对河西沙区农业经济发展存在着重大的负面影响。

随着近二十多年来煤炭、石油的不断增长的使用，二氧化碳排放量的增多，造成了全球气温升高，南北极冰川大量消融，海平面上升，并将导致全球灾难性的前景。太阳能、风能等可再生能源得到广泛使用。风力发电成为世界上发展最快的能资源产业之一，每年以30%的速度增长。我国也制定了《可再生能源法》，把风能、太阳能等清洁能源的开发利用提升到了国家能源战略的重要地位。以前认为给河西地区带来大风，荒漠干旱的强太阳光辐照和强风就成为了绿色可再生能源——风力发电、光伏发电工业的丰富自然资源，将是推动河西沙区未来的社会经济发展的巨大工业生产力。

甘肃丰富的风能资源占全国第五位。河西沙区风能资源的理论储量约2.37亿kw。从12年前在玉门镇建造4台300kw的风电机组以来，风电已成为甘肃投资的热门行业。国电龙源集团、中网电投集团、大唐集团等20多家央企和知名大型企业，纷纷在河西投资建设风力发电场。在省委、省政府“建设河西风电走廊、再造西部‘陆上三峡”’战略的推动下，2009年，全省风电装机容量将达到100万kw；2010年516万kw的风电项目也全部落实；2020年，风电装机容量将达到3000万kw，

是2008年底全省发电总装机容量1496万kw的2倍。民勤县同安西、玉门等地相当，“年平均风速均在4.5m/s以上”，在全省29个观测台站中列第6位。甘肃“风能可利用区域为30094平方公里，主要分布于玉门、安西、古浪一带，占全省面积的6.6%。”

河西沙区也是全国日照时数最长，年总辐射量最大的区域之一，年总辐照量6100兆J/m^2，仅次于内蒙古西部的6360兆J/m^2和西藏的7450兆J/m^2。太阳光照时间年均达2800～3300小时，根据杜祥琬院士主持负责的《关于发展风电、光伏电的中国工程院重大项目课题报告》中的数据，新疆、内蒙古、甘肃等地为太阳能热量在1400～1750kw · h/（m^2 · 年），资源非常丰富。这是大自然给缺水、干旱、欠发达沙区水资源紧缺的补偿，是沙区非农业发展富裕的资源，是当地居民致富的希望。

早在1984年，甘肃榆中县就安装了全省第一套太阳能光电机组，将太阳光能转变为电力。但因为当时工业排放的二氧化碳对全球气候的影响还没有近年严重，对太阳能发电的需求没有近年迫切，也因为太阳能光电技术还不成熟，光电成本太高，而无法普遍应用。直到2008年12月19日，我国第一个沙区并网大唐武威光能电站，在武威市城东科技示范区建成投产。光能产生的电流，通过逆向变压，并人10千伏电网。总规模装机容量1000kw，一期建设装机容量500千瓦，年发量约85万kw · h。2009年8月，敦煌1万kw光伏并网发电特许招投标示范项目在敦煌奠基，总投资2.03亿元，年均发电1805kw · h，上网电价1.0928元/（kw · h），2010年底建设投产。2009年4月16日，我国首座大型太阳能光伏高压并人城市电网电站在青海西宁竣工并运行发电，占地面积15亩，总功率300kw，年发电量可达45万千瓦时。此外，还有一些100kw的光伏电站在玉门、武威动工兴建。甘肃省太阳能资源在全省有着比较优势，是全国第二大太阳能丰富区，年太阳能总储量为72万亿kw。如果把沙化土地面积的1%安装太阳能光伏发电系统，折算装机容量达7000万kw。这是在新工业技术条件下，河西沙区的巨大资源，也是河西沙区取之不竭的巨大财源。

三、发展沙区农户小型风电、光电上网供电系统的设想及技术、经济、生态分析

目前，在河西沙区建设和将要建设的风电、光电，几乎都是大型企业集团投资。风电场的规模少则5万kw，多则20万kw甚至更多。试验性光伏电站，容量至少在100kw，光伏并网发电示范电站，都在1000kw和10000kw规模。

在努力兴建大型、中型风电、光电项目的同时，建议发展沙区农户小型风电、光电上网供电系统。这里的小型风电、光电是指5～20kw的风电机组。为简单明了，仅以在一亩非耕地的光伏发电项目来论证。我们假定一亩非耕地的四分之一（167m^2）被光电板覆盖，光电转换率为15%、则每平方米年均发电385kw・h、一亩非耕地年发电量约为35000～57600kw・h。按国家光伏电上网标杆电价1元（每千瓦时）计算、则一亩非耕地年收入在35000～57600元、即使扣除二分之一的成本，纯收入也有18000～25400元。其经济效益显然非常可观。甘肃省农民人均纯收入中，农业得到的比例约占60%，民勤县农民户均4.6人，2008年农民人均纯收入4000余元，则每户农民全家从农业中得到的纯收入为11040元。也就是说，即使农民人均纯收入较高的民勤县，假定风能资源能兴建小风电机组的地方，农户投资7万元，建小风电并网供电，仅从风电中的收入就同目前民勤农民从亩均耗水600m^3，人均耗水2000m^3所得到的收入相当。从水当量同经济收入当量互换的观点，就是建造一台10kw小型风电机组，就等于调水9000m^3或可以少耗水9000m^3。再以古浪县为例，2008年，农民人均纯收人中，农业收入是1320元，每家农户4.5人，全家从农业是得到的纯收入近6000元；假定一家农户有一台10千瓦的风电机组，从风电中得到的收入相当于每家农户从农业中得到经济收入的2倍左右。设想民勤县有一半的农户拥有风电、光电机组10kw，即使少播种现在的一半耕地，也可以有现在1.5倍的农民人均纯收入，少耗用全县1/4的农业用水，若按前几年的农业用水计算，则可以少耗用1.45亿m^3的地表水和地下水。这部分水则可用于恢复生态用水或补充地下水。相当于《石羊河流域重点治理规划》中从凉州区西营河和永昌县西大河向下游民勤县每年输水量1. 45亿m^3。1.45亿m^3的水，是柴里木河下游的558万亩林草地或民勤551万亩林草地最低需水量3.2亿m^3的45%，相当于可以再造248万亩林草地的生态植被。

农户小型风电、光电上网供电系统，在技术上是完全可行的：

“在德国和丹麦，风能每年的新装机容量已经超过了火电和核电等传统能源”。在德国这样风电普及的国家，风力发电机非常分散，可能几个人合伙买台风力发电机就可以安排在自家后院，并入电网。“德国鼓励绿电的能源政策。很多这样的由个人投资的单个风电机组都能够并入电网。而法律规定，让风电投资者可以将风电卖到比传统电力更多的价钱”。

日本国会1通过《能源结构供应高度化法》，规定电力公司有义务以现行价格的两倍收购家庭太阳能设备生产的剩余电力。实行新的收购价格，那么一套设备就可在10年内收回成本。

在英国，微型风力发电机在各大建材商店都有出售，机组每年可生产1000kw・h至1500kw・h的电力，可以提供普通家庭所需电量的1/3，英国政府还为每

户提供补贴和发电津贴，“每个家庭用6～7年时间就能收回购买电机的费用。

截至2004年，世界风电装机容量，德国名列榜首；美国居第二位，为680万kw。美国发展风电的一些做法和风电农业、电力网表等，都处于世界领先水平。美国加州、华盛顿州、俄勒冈州采取了很多办法，比如对风电产业进行减免税收等。在一些风力资源丰富但却不适应种植农作物的土地上，大胆建设风力发电站，并将其称为风电农业。2007年9月18日～21日，中国风能协会、中国农机协会风能设备分会、中国农业能源行业协会小型电源专业委员会，在北京联合举办了《小型风力发电系统等分布式供电系统技术研讨会》，交流研讨小型风力发电、小型风光互补发电等分布式电源系统技术，推动其发展。会议建议：“政府要高度重视分布式电源的建设与发展。采用分布式供电方式将小型风电在电网终端用户处接入电网，采用净值计量法计算电费，不仅使小型、分散、有效清洁的可再生能源资源得到合理利用，而且使发展再生能源与农村经济发展联系起来，增加这些地区牧民的收入，还可以降低供电成本。这种供电方式在欧美发展很快，是今后发展的方向”。

此前，中国风能协会负责人就建议：“开创个体（或合伙）办风电的新兴市场、采用丹麦和德国的模式，分散建设，推广风能利用”；德国和丹麦的风电场，绝大多数是农民购买10kw机组就近上网，农民靠向电网卖电获得收益。

我国曾宣布到2000年年底风电装机容量达到100万kw，但这个目标被整整延迟了5年。专家认为：仅靠几个国有大公司无益于风电市场化，建议开创个体（或合作集资）办风电的新兴市场。适宜推广风力发电的条件是：农村电网足够强，电网公司允许个体风电机组上网，但政府要真正把优惠政策给农民。

虽然，目前光电成本高一些。就每千瓦机组成本，光电是风电的2倍高一点，但光电示范电站的上网电价是风电的2倍低一点，二者相差不多。我国太阳电池组件新技术的成果，“将使太阳能发电成本在3年内接近火电成本”。这将使光伏发电上网电价降到每千瓦时0.65元人民币。以非农沙产业来实现民勤县“压缩灌溉面积，减少农田用水量；关停部分机井，控制地下水开采量”等治理措施，有助于当地沙产业的有序发展。

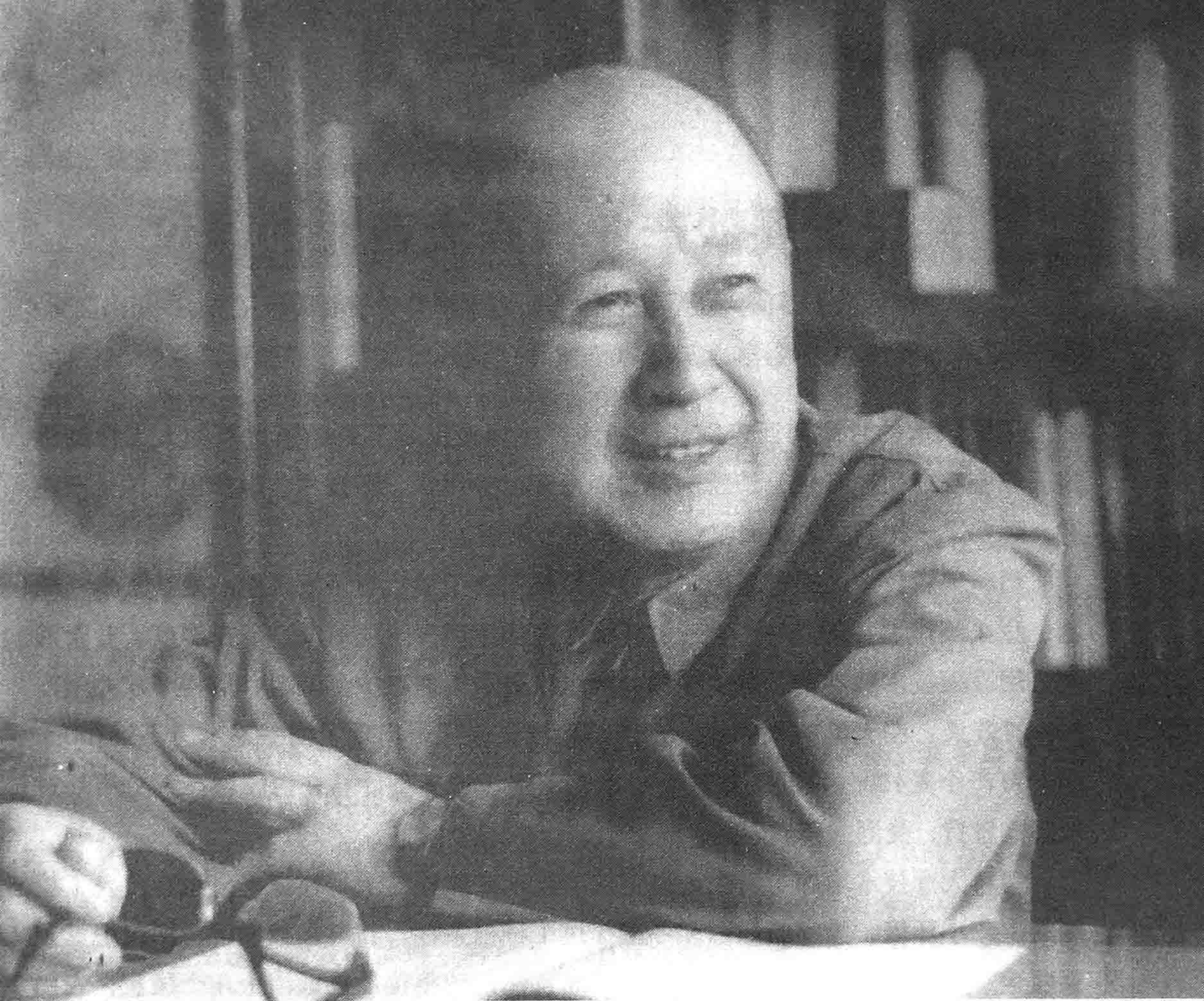
甘肃省太阳能和风能资源十分丰富，且有很强的互补性，特别有利于建设风力发电与太阳能光伏发电互补发电系统。互补发电可均衡地满足用电需求。在干旱缺水的沙区，应该鼓励发展农户小型风电、光电上网供电系统，以让沙区农民富起来，让农业用水降下来，让沙区生态恢复起来。

事实将证明：发展农户小型风电、光电上网供电系统，有助民生、有助于当地的非沙产业与沙产业互动、共盈，是未来发展的方向。

作者简介：

魏万进，甘肃省沙草产业协会会长，甘肃省政协原常委、科教文卫委员会副主任，甘肃省科协原常务副主席，高级工程师；宁杨锁，甘肃省绿化基金会副理事长，研究员。

原刊登于《科学家专家论述沙草产业》，西安交通大学出版，2012年4月第一版。



（五）建言篇

关于发展沙产业振兴大西北的建议

刘恕 李建树 田裕钊 徐国昌 申元村 谢联辉

干旱缺水的甘肃河西走廊，已在沙产业理论引导下开始通过新的人工控制措施，改变农业生产条件，造就一种“多采光、少用水、新技术、高产出”的生产模式，形成了一种新型的绿洲农业，这是一种希望。

塑料地膜技术大面积采用。这种简易技术在干旱、高蒸发区给小麦、玉米、棉花、甜菜等作物，创造一个地表微环境，大幅度减少土壤蒸发、保持温度。甘肃河西采用该项技术的地块，减少中锄，浇水次数由五遍减少到两遍，取得节水并增产30%的效果。在大旱的1995年，古浪县地膜试验区，出现了浇一遍水（不到100m^3水）亩产小麦470公斤的好收成。节水、节电、省工不计算在内，增产部分可超过地膜购置费，受到农民欢迎。

塑料大棚技术增加了新生产力。该项技术在脆弱的干旱环境里，创造由人工控制的生产小环境，为寒冷的西北冬季提供了种植条件。甘肃张掖地区，不仅把“东菜西运”的历史改写为“西菜东运”，而且使该地蔬菜瓜果远销十几个国家，农民一般可以当年投入当年受益，取得效果，与此同时大棚饲养业也在兴起。

滴灌、无土栽培等技术开始推广应用。张掖已建成滴灌农田（果树蔬菜）485亩，敦煌市杏园的滴灌与地面灌溉对比试验表明，滴灌每月每亩用水仅为2.8m^3，新植杏林当年成活率在95%以上、新梢生长高达1米左右；采取滴灌的盛果林要比常规灌溉的增产30%。武威地区引进以色列的技术的万亩滴灌设备已经到位，张掖地区无土栽培茄果、蔬菜长势喜人，该地区准备把无土栽培由目前的150亩在1997年扩大到5000亩。

特别是采用微藻大幅度提高太阳能转化率的生物工厂在西北中试成功，为沙漠戈壁地区太阳能的高效固定找到了一个理想的转化器。试验成功的装置其蛋白单位面积产出量比农作物高几十倍，而且高纯净、高品质，可以人畜两用。这是一种借助现代技术研究推广的办法。群众总结说，沙区利用塑料地膜、塑料大棚技术，能在不增加水源的情况下使种植的粮食产量翻番，使“闲冬”变为“忙冬”，“一家农户，一亩塑棚丰衣足食，两亩塑棚奔小康”。

我国西部干旱地区有长期经营灌溉农业的历史。“有水就有绿洲，有绿洲就有农业”。人们盼水、要水，但对沙区“贵似油”的水资源利用的科学、高效缺乏认

识，其表现：

1. 忽视水资源的有限性。大部分沙区采用传统的大水漫灌，内蒙古的河套、甘肃的河西、新疆的天山南北、宁夏的银川平原等，每公斤粮食耗水量比经济发达国家高出6～10倍，水资源有效利用率很低，而且易导致大面积土地盐渍化。

2. 轻视“节流”，重视“开源”。对于水利工程建设，人多理解，易得到重视；但对投资较少易获效的节水工程，却往往被忽视。

3. 缺乏有效的水资源流域管理措施。容易产生“近水楼台先得月”，上游开发，下游区河流、湖泊干涸，地下水迅速下降的后果。水资源管理制度尚缺法律保障。

4. 没有按沙区水热资源特性部署作物生产。农业生产布局还没有跳出自然经济模式。未能很好地按市场价值规律，发挥光热资源丰富的特性，根据气候优势及植物生物学特性安排耕作面积，形成高效互补的开放性经济。

河西走廊新型绿洲农业与原来生产方式相比，有许多独到之处。其中最令人振奋的是从事生产的人们在思维定势上产生的两个转变：

一是从增多用水，向重视多用阳光、节约用水的转变；二是从单纯为解决温饱的粮食生产向市场经济的商品生产转变。比如张掖地区1995年展开的双“12345”三年计划就是这种转变的体现。种植业：10万亩精细蔬菜（无土栽培、温室、滴灌、塑料拱棚等），20万亩优质杂果、30万亩高效经济作物、4万亩粮菜移栽套种、5万亩优质种子繁殖基地；养殖业：10万头青贮氨化养牛、2万亩高效水面养殖、30万只暖棚舍饲养羊、40万头暖棚工厂化养猪、50万头（只）珍禽动物养殖。

从国家安定发展的大局和加速缩短东西部经济差距的高度，大力推进扶持新型绿洲农业，抓住机遇加速沙产业有序发展，使之成为西部干旱地区普遍的、广为应用的农作形式，是振兴大西北的成功之路。为此，我们建议：

1. 西部各级政府在组织生产时要把握目前这种有利态势，当务之急有三方面工作需要加强：一是完善塑棚技术，提高耐用性和采光性、适用性；二是利用现代科技，加速引进适宜大棚温室饲养和种植的高价值动植物；三是强化塑棚管理，避免地膜、大棚种植技术可能带来的霉菌和新的病害，避免塑料的“白色污染”。

2. 加速开辟沙业产品销售渠道，使人们辛勤得来的产品能得以销售，努力扶持沙区市场经济。脆弱环境里的脆弱经济，需要国家纳入经济和社会发展的大计划，需要有关部门在交通建设、沙产业税收政策、对外贸易渠道、金融信贷等方面，给予更多的支持。

3. 建立沙区食品原料深加工体系。在中国干旱沙区完全有可能建立起“四季常青瓜果园”、“冬季厨房”。目前交通不便的沙区大宗瓜果蔬菜东运难，需要建立

不同类型的贮藏设施，需要脱水蔬菜、罐头制作等深加工技术。处于温带的中国沙漠，有枸杞、沙棘、山楂、葡萄、甘草、麻黄、黄芪、丛蓉、锁阳等成百上千种经济生物资源，只要加强科研，发展深加工技术，用专项资金加以扶持，就能开发出有特色有竞争力的新型产业。

4. 扶植沙产业示范基地。只有理论的完善而没有实业、没有样板地示范，作为一种产业思想，不能显现实践的生命力。因此，在理论研讨了十年之后，人民中的实干家和地方政府中的积极领导干部都已出现，这时就要发挥社会主义制度统筹指导的优势，有目的、有重点地选择条件成熟的地方，扶植一批产业的示范基地。

1995年9月于北京

原刊登在人民日报社编印的《情况汇编》内阅件上。

关于把钱学森倡导的阳光绿色产业纳入“十二五”规划的建言

编者的话：

刘恕、刘于鹤、董智勇、田裕钊、贺庆棠、谢联辉六位同志作为“共绘蓝图”建言人，于2010年12月30日通过中国老教授协会、国杰老教授科学技术咨询开发研究院，向国家发改委提出：把钱学森倡导的《阳光绿色产业》纳入“十二五”规划，建议成立“农林草海沙五产业总体策划开发部”；以国家战略性资源天然杜仲橡胶为主要目标，创建“中国第六次产业革命”的第一个阳光绿色示范园；筹建“总体策划开发部计算机、网络和通信工作平台”。

我们六人的“建言”，在国家“十二五”规划建言献策活动中荣获了“个人奖”。

下面我们把编辑《建言汇编》过程中删除的部份恢复，把建言的全文刊登如下。

国家发展改革委“十二五”规划建言献策活动办公室：

12月10日至12日召开的中央经济工作会议，提出了“十二五”规划开局第一年的经济工作总体要求：正确把握国内外形势新变化新特点，以科学发展为主题，以加快转变经济发展方式为主线，实施积极的财政政策和稳健的货币政策，增强宏观调控的针对性、灵活性、有效性，加快推进经济结构调整，大力加强自主创新，切实抓好节能减排，不断深化改革开放，着力保障和改善民生，巩固和扩大应对国际金融危机冲击成果，保持经济平稳较快发展，促进社会和谐稳定。

中央经济工作会议期间，正是钱学森同志诞辰（1911年12月11日）99周年。我们在学习中央经济工作会议精神的同时，重新学习钱学森1984年分析中国未来经济社会至关紧要的能源、人口、资源、环境等发展趋势，提出的“阳光绿色产业”——《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》中国第六次产业革命思想；重新认识1995年钱老在呈送给中央领导同志的《建言》中，对中国21世纪产业发展趋势的分析：“技术革命以及它所引发的产业革命，对组织管理问题提出了更高的要求。形象地说，这犹如随着硬件的革新，计算机技术的发展，必须有相应的软件跟上才行。系统科学是本世纪中叶兴起的一场科学革命，而系统工程的实践又将引起一场技术革命，这场科学和技术革命在21世纪必将促发组织管理的革命”。这场变革，主要对象是我国的农业、农村、农民；这场产业革

命，“主要发生在农区、林区、山区、湖海养殖区和边远荒漠地带”。

钱老在上世纪六七十年代，首先在航天领域倡导用“系统工程”组织管理，取得了成功；接着将这一实践推广到社会，提出了社会系统工程的概念。为了推进社会系统工程的实施，钱老针对我国农业、农村、农民的现状，又提出了建立“国家社会主义建设总体设计部”的建议。钱老说：“总体设计部由多部门、多学科的专家组成，，进行总体分析、总体认证、总体设计、总体规划、总在以计算机、网络和通信为核心的高新技术支持下，对社会主义现代化建设的各种问题体协调，提出具体可行性和可操作性的配套的解决方案，为决策者和决策部门提供科学的决策支持。”

今天，我们根据我国“三农”工作的现状和21世纪产业发展的趋势，提出建言：建议由国家发改委牵头，组织多部门、多学科专家参与，把成立“农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业五大产业总体策划开发部”纳入国家十二五规划，正式启动钱学森倡导的“阳光绿色产业”，为我国农区、林区、湖海区、草原荒漠区的变革，为农牧民生产方式的改革，闯出一条新路。同时建议：由中国老教授协会、国杰老教授科学技术咨询开发研究院首先策划、参与运营以国家战略性资源天然杜仲橡胶为主要目标的第一个阳光绿色示范园；参与组织相关教授、专家立项，策划和筹建“总体策划开发部计算机、网络和通信工作平台”的工作。

下面我们从“创建产业思维方式”、“开拓产业运行模式”、“迎接组织靠理革命”三个方面，分析成立“农林草海沙五大产业总体策划开发部”必要性，并介绍阳光，绿色产业将给经济社会带来的巨变。

一、以科学发展为主题，创建全新概念的阳光绿色产业思维方式

1. 把依托化石能源为主体的经济社会发展方式转向以阳光能源为主导的发展转轨

占世界人口1/5的中国，不可能把支撑经济社会发展的主体能源放到脆弱的不可再生的化石能源基石上。钱老在1984年，总结了20世纪70年代世界连续两次出现能源危机的教训，站在中国产业革命发展大趋势的视角，根据国情的实际，果敢地提出了“以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用”，谋求生物质产量最大化，大力发展生物能源；密集知识，开发生物质产品，满足和改善民生需求，保持经济平稳健康发展，促进社会和谐稳定的战略性决策。

2. 走出小农经济狭小种植空间，到接受阳光的农田、林地、草原、海洋、沙漠等地球表层广阔空间谋求发展

钱老说，一年中太阳辐射到我国960万平方公里土地上的能量、相当于16000亿

吨煤，这是一笔极大的财富。现在的问题是，由于限于水和肥料的供应，限于光合作用所必须的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，巨大太阳能只有小部分转变为植物产品。这个比例不到百分之一，常常只有千分之一，大量的能量没有得到利用。钱老主张：密集现代知识，最大限度地统筹国土空间，增强区域发展的协调性，以市场需求为导向，根据不同的地理环境和水热资源，到更大空间谋求生物质产品的多种性，创建一种新型的阳光绿色经济，促进生物质产品生产和经营的专业化、标准化、规模化、集约化，并在符合条件的阳光绿色产业区，有序推进新型城镇建设。

3. 重新审视植物的叶、皮、果、花、枝、干、汁等整体综合效益，建立起生物质多层次开发的循环生产体系

钱老认为，绿色植物是一个用之不竭的天然资源宝库。现在的问题是，我国传统的单一取向的农林业经营方式效益太低了。以粮食作物来说，籽实在干产品中还占不到一半；在籽实加工利用的过程，还要耗损20%左右的糠、皮等之类的剩余物。目前，农区大量秸秆烧掉了，林区价值几百亿、上千亿元有价值的落叶、落果、枝杈等不仅未然开发出产品，而且成为污染环境的“垃圾”、森林大火的源头。钱老主张提高生物质利用效益，在生物质加工中，尽量插入中间环节，最大限度地把动植物中的有效成分开发出有用产品。例如，利用秸秆、树叶、草加工成配合饲料，有了饲料就可以养牛、养羊、养兔，还可以养鸡、养鸭、养鹅；牛粪可以种蘑菇，又可以养蚯蚓。养的东西都是产品，蘑菇供人食用；蚯蚓是饲料的高蛋白添加剂，排出的废物也还可以再利用，加工成鱼塘饲料，或送到沼气池生产燃料用气”。

二、以加快转变经济发展方式为主线，开拓阳光绿色产业运行模式

1.“密集”现代化新技术和新技术革命的成果，是产业运行的内核

钱老对“知识密集”的基础做过这样分析：20世纪70年代末80年代初，世界上“相继出现的重组DNA技术、动植物细胞大规模培养技术、固定化酶（或细胞）技术等现代生物技术，开创了工农业生产发展的新途径，为人类解决当今所面临的食物、健康、能源、资源和环境等一系列重大问题提供了强有力的技术手段。”他断言：“以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，到21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因重组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。”

钱老对“知识密集产业”做过这样描述：“我们一方面充分利用生物资源，包

括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代化科学技术，包括新的技术革命成果，都用上了。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水式的生产。”

钱老对知识密集型的阳光绿色产业运行体系做过这样的阐述：这已经不是传统的农业了，“其特点是以太阳光为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产，是生产体系，是一种产业”，是一项“农业系统工程”。所以钱老主张把太阳光转化成生物质的高产性、生物质产品加工的高效性作为产业目标，走出传统，跨行业、跨领域地运用物理的、化学的科学原理，信息革命的成果和新工艺、新材料、新技术，创造植物光合作用的条件，最大限度地利用太阳能，创建以生物质综合开发利用为对象的大产业。

2. 产业园的规模化、集约化，是产业运行的基础、产品标准化的前提

钱老说，阳光绿色产业“主要不是发生在大城市，而是发生在农村、山村、渔村和边远荒漠地带”，这是一次旨在“消灭几千年来人类历史上形成的城市和乡村的差别”的产业革命。规模化、集约化，是生物质产业的基础，也是绿色有机产品专业化、标准化的前提。钱老曾说，“林业知识密集产业不是农业区中有片林子，那不叫林业产业，林业产业需要一定规模，如有约一万人口。规模小了形不成特色的知识密集产业”。可以断言：根据“种”、“养”、“加”、“产”、“供”、“销”等“一条龙”的高效产业化需要，创建具有一定规模的产业体系，将在21世纪今后的几十年内，催促传统的中国农林第一产业从历史上消失；产业园的规模化、专业化、标准化，将为国家有机食品、生物医药提供安全保障，将会催生一系列新型生物质产品工程。

3. 建立多层次开发、生物质循环利用的生产体系，是产业的主要途径

钱老认为，“我们的产业是要高效益地运转，产业的组织结构又非常复杂，一层接一层，一环扣一环，非常严密，容不得半点差错，生产组织指挥是用电子计算机计算的”；“不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产”。钱老构建的这种“多次利用循环”的高效生产体系，把单一以籽实作为效益点的粗放传统农业生产方式，转变到以密集知识为依托的规模化循环产业轨道上来，彰显了阳光绿色产业发展的途径，为人类解决当今所面临的食物、健康、能源、资源和环境等一系列重大问题，提供强有力的技术手段。这种阳光绿色产业，不仅是以市场需求为导向，瞄准具有战略意义的高分子新材料、新型天然橡胶、生物能源、生物医药等资源，创建一种生产人们生活必须的粮、油、肉、蛋、奶，棉、丝、胶、茶、药等绿色有机产品的新模式，而且还要在重构中国绿色生态环境的同时，把新型五大农产业的产值提升到占国民经济总产值的相当比

例，把阳光绿色产业建设成中国经济社会坚实的基石、稳定民生强有力的基础。

三、产业思维方式和产业运行模式的转换，必然促发组织管理的革命

钱老认为，在“农业还没有组织得那么严密”的20世纪，“农业系统工程”不能充分显示它的威力；到了21世纪才能在知识密集的农业产业、林业产业、海业产业、沙业产业中大显身手。这种阳光绿色产业，不但体系在的组织，而且在日常生产调质上，都显示其威力，必将促发一场“组织管理业的革命。”

随着21世纪第一个十年中国经济社会的快速发展，党中央对中华民族崛起却提出了冷静的思考：我国经济社会发展，短期问题和长期问题交织，结构性问题和体制性问题并存，国内问题和国际问题互联，既有许多有利条件，也面临不少困难和挑战；特别是2010年12月召开的中央经济工作会议，与年复一年的一号文件一样，在再次强调“强农惠农的思想认识只能增强不能削弱，强农惠农的政策力度只能加大不能减小”的同时，还提出了“要加快转变农业发展方式，坚持用现代物质条件装备农业，用现代科学技术改造农业，用现代产业体系提升农业，用现代经营形式推进农业，促进农业生产经营专业化、标准化、规模化、集约化”的方略。这是对阳光绿色产业的组织、管理、运行机制变革的呼唤。

鉴于此，我们认为：

1. 由国家发改委牵头，把阳光绿色产业纳入“十二五”规划的条件和时机已经成熟

钱老26年来一直坚持倡导的阳光绿色产业，是发展农、林、草、海、沙五大产业的“农业系统工程”。20世纪90年，一批有识之士根据钱老的倡导，从农业、林业、草业、海业、沙业中的“小弟弟”沙产业做起，成立了“沙产业基金”，在宣传“阳光绿色产业”的理念、人才培育、抓示范典型等方面，做了许多前瞻性工作，得到胡锦涛、温家宝等中央领导同志的热情支持和肯定；特别是进入21世纪后，国际社会围绕气候变化，提出了与钱学森“阳光绿色产业”内核相一致的“碳汇经济”理念，这是对以“农、林、草、海、沙五大产业”为主体的中国第六次产业思想的极大推进。由国家发改委牵头，启动钱老倡导“阳光绿色产业”，时机已经成熟。

2. 成立“农林草海沙五产业总体策划开发部”，有利于跨学科、跨部门、跨行业的统一协调、有效组合

钱学森倡导的“阳光绿色产业”，把谋求生物质产量最大化，放在提升植物

光合作用转化太阳光能的基点上；把极大开拓国土空间创建阳光绿色经济，放在密集现代知识的基点上；把最大限度地开发生物质产品，放在对生物质进行多层次开发的循环生产体系上。这种全新概念的产业理念，冲破了农林传统的条条管理、部门分割的计划经济管理模式，扬弃了禁锢于“以粮为纲”、“砍树取材”的思维方式，主张跨学科、跨部门、跨行业，成立有交叉学科人才密集的中国老教授协会、国杰老教授科学技术咨询开研究院（科技部业务主管）和中国老科技工作者协会参与的“总体策划开发部”，在以计算机、网络和通信为核心的高新技术支持下，对我国“三农”各种问题，进行总体分析、总体设计、总体规划、总体协调、总体认证，提出具体可行性和可操作性的产业方案，开创新型的“农、林、草、海、沙五大产业”。

四、“阳光绿色产业”促发的变革，将给未来经济社会带来一系列的巨变

1. 以化石能源为主体转向以阳光能源为主导，把解决中国能源问题，放到紧紧依靠“植物光合作用高效转化太阳能”的基点上。这种产业思维方式的转折，为中国应对“高价石油”“石油后时代”的经济持续发展，奠定了基础。

2. 打破几千年小农经济的禁锢，拓广劳动对象，重新审视全国接受阳光的农田、林地、草原、海洋、沙漠五大类型地球表层，相当多的农民将会走出依山扎寨、傍水建村的小农经济天地，到更大的空间谋求更大的发展，极大地解决困惑社会的就业难。

3. 以生物质高产性、生物质加工产品高效性为目标，运用系统工程理论，根据“种”、“养”、“加”、“产”、“供”、“销”等“一条龙”的高效产业化需要，密集组合现代科研成果，创建以生物质综合利用为对象的几百亿元、数千亿元效益的新型阳光绿色产业，摆脱传统农林业依靠国家扶助政策求生存的被动局面，逐步建立自立、自强的产业发展模式。

4. 以粮食、树干效益为主要取向转向以植物叶、皮、果、花、枝、干、汁等整体效益为取向，利用植物、动物、微生物等，建立多层次开发、生物质循环利用的生产体系，不仅可以获得丰富的粮、棉、丝、肉、蛋、奶、茶、油、胶等产品，还可以开拓出生物能源、高分子材料、生物医药、木塑建材、新型天然橡胶等资源，极大地满足人们衣、食、住、行、用等多形式的需要。

5. 温饱型的分散村寨生产方式转向规模化产业庄园运营机制，集信息、金融、管理、科技、生产，加上工、商、贸于一体，创建“密集”现代科技的集团公司，将催

使“家庭”农林生产方式、传统落后的中国农林第一产业，从历史上消失。

6. 传统的条条管理、部门分割的农林计划管理方式转向由国家宏观调控部门领导下的“农林草海沙五大产业总体策划开发部”。总体分析、总体设计、总体规划、总体认证、总体协调，不仅可以给横向组合了数十万高智力人才的中国老教授协会、中国老科技工作者协会，提供了发挥“交叉学科优势”的用武之地，更充分地展现老教授、老专家“金色晚年”的风采，还将冲破目前有些项目“同体运行”，既当“赛事的策划者”，又当“赛场的运动员、裁判员”的不公正操作的樊篱，营建起“异体”交替参与产业运行过程中策划、监管和评估的模式，倡导一种严谨、公平、公正的运行机制。

7. 促进国家开发银行、国家保监会与阳光绿色产业联盟，共建效益稳定利好、几十年甚至上百年不败的绿色“银行”，既可以促进规模化产业园有序快速发展，又可以促进“开发性金融服务经济发展方式”的转变，提升“保险资金风险控制能力”，创建一种“互利共盈、强国富民”的新模式。

8. 充分发挥规模化产业庄园的“社会系统工程”功能，促进城镇和乡村的建设同步发展，真正让农民成为推进劳动资料进步、拓广劳动对象范围、增强劳动者素质的生力军，彻底破解困扰我国经济社会发展的“三农”问题。

祝福祖国富强。

《加快发展“阳光绿色产业”》荣获“共绘蓝图‘十二五’规划建言”奖，并汇编到《共绘蓝图“十二五”规划建言献策选编》。

参加《把钱学森倡导的〈阳光绿色产业〉纳入十二五规划成立“农林草海沙五产业总体策划开发部”的建言》人员签名：

参加《把钱学森倡导的〈阳光绿色产业〉纳入十二五规划成立“农林草海沙五产业总体策划开发部”的建言》人员简单介绍：

刘　恕 见第69页作者简介

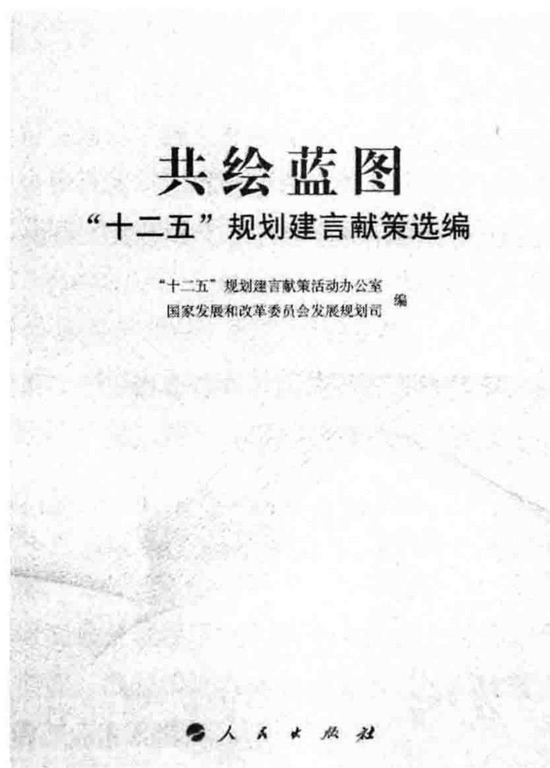
刘于鹤 原林业部副部长、中国老科技工作者协会副会长、中国绿色碳汇基金会理事长、研究员

董智勇 见编委会成员绍介

田裕钊 见编委会成员绍介

贺庆棠 教授、博导、林学博士、北京林业大学原校长、中国老教授协会原副会长

谢联辉 见编委会成员绍介



关于“加快我国战略性绿色新兴产业——天然杜仲橡胶产业发展”的建议

国家发改委：

国家关于“加快培育战略性新兴产业”的重要决策，对于转变经济发展方式、调整产业结构、统筹城乡社会格局、推动区域协调发展具有前瞻性的重大意义。我们认为：“创建战略性绿色新兴材料——天然杜仲橡胶集约化产业发展”，是一个极具发展潜力、符合“战略性”发展趋势的新兴大产业。鉴于此，特提出以下建议：

一、天然杜仲橡胶具有优良特性

杜仲是我国特有的名贵中药材，同时又是发展潜力最大的优质胶源树种。杜仲果、叶、皮均含有丰富的杜仲胶，是世界上尚未开发的天然橡胶第二大胶源。杜仲胶独特的结构与性能，能够开发出三大类不同用途的材料：橡胶弹性（高弹性）材料、热塑性材料和热弹性形状记忆材料，可用于橡胶工业、航空航天、国防、船舶、化工、医疗、体育等国民经济诸多部门，应用领域覆盖面极广。

1. 杜仲胶的改性和集成功能，可以增强橡胶组合物的耐磨、抗撕裂、耐腐蚀、防湿滑、滚动阻力小、节能等性能，不但能够部分替代天然橡胶，还是开发高性能“长寿轮胎”、“特种轮胎”的良好材料。

2. 杜仲胶共混改性的高分子合金，具有优良的成膜性、可粘结性、密封性及透雷达波等性能。

二、发展杜仲胶产业的重要性和迫切性

中国是世界上最大的橡胶消费国。据中国橡胶工业协会统计，2009年橡胶实际消费量达588万吨，连续8年居世界第一，2009年橡胶制品业工业总产值达4300亿元。

但是，天然橡胶（即巴西三叶橡胶）资源的匮乏成了制约我国橡胶产业发展最主要的问题。

1. 天然橡胶主要产于赤道南北纬度15度以内的巴西、东南亚等地，我国引种区

很窄，仅在海南岛和西双版纳等地栽培1000万亩左右，产能有限。

2. 据中国橡胶工业协会统计，2009年我国天然橡胶年需求量达270万吨，国内天然橡胶年产量仅约60万吨，78%依赖进口。

3. 目前，东南亚各天然橡胶生产国已组成“产业同盟”，基本控制天然橡胶的“种植园”和价格，我国天然橡胶原料受制于人的局面日益严重，严重影响中国橡胶工业的可持续发展。

开发第二天然橡胶资源应该成为我国政府亟待解决的重要课题。发展杜仲胶产业是从根本上解决我国天然橡胶资源匮乏的唯一途径，也是加快我国橡胶工业健康发展的根本措施。

三、杜仲胶开发的巨大潜力

1. 在轮胎工业上的应用：

世界60%的橡胶用于轮胎，轮胎产业是橡胶工业的主战场。中国科学院化学研究所严瑞芳研究员上世纪90年代初用天然杜仲胶与顺丁胶（合成橡胶）按1：1共混制成摩托车外胎，安全行驶两年，完好无损，形成我国原始创新知识产权体系。青岛化工大学用合成杜仲胶与丁苯橡胶共混制成的子午胎，具有防湿滑、滚动阻力小等优点，节油2.5%，寿命提高20%。

2. 在军事、航空、航天上的应用：

杜仲胶具有的低温可塑性和形状记忆特性，可用于制造各种医用功能材料及真空密封材料；杜仲胶透雷达波性能好并有极强的密封性，是用于航空遥感、遥测雷达密封的新兴材料。

3. 在骨科外固定、假肢套、运动员护具上的应用：

应用杜仲胶低温可塑性等特性，生产出来的骨科外固定、假肢套、运动员护具等产品已经通过鉴定并申报过专利。

4. 提取杜仲胶前期产品在保健品和饲料添加剂方面的开发：

杜仲果实除含有丰富的杜仲胶外，还可以利用种仁提取杜仲油。杜仲油高活性亚麻酸含量高达66.4%，为橄榄油、核桃油、茶油中α－亚麻酸含量的8~60倍，具有显著的降血脂、降血压疗效；杜仲叶中药功能饲料可明显改善畜禽肉质，降低鸡蛋胆固醇含量，开发绿色安全的杜仲功能产品具有良好前景；另外，杜仲雄花氨基酸含量达21.88%，为松花粉的2倍以上。

总之，杜仲胶产业的快速发展不仅能够提升我国天然橡胶生产和橡胶工业的国际地位与话语权，还将形成以中国杜仲胶新兴产业为龙头的国际天然橡胶市场新格

局。另外，通过资源培育和综合利用，能够大幅度提高果农经济效益，促进整个产业的健康发展。

四、我国杜仲天然橡胶独特的资源优势

1. 杜仲果皮、树皮、树叶等部位均含有丰富的杜仲胶，其中杜仲果实内杜仲胶含量高达12%（杜仲果皮含胶量更高，达17%）；

2. 目前全国杜仲栽培面积约35万公顷，占世界杜仲种植总面积的99%以上，具有垄断性的资源优势；

3. 杜仲树耐寒、抗干旱、耐贫瘠，适应性极强，在我国亚热带至温带的27个省（区、市）均可种植，发展潜力巨大；

4. 按照300万公顷的发展规模，我国杜仲胶年产量可达120万吨，为我国目前天然橡胶产量的2倍，可以大大缓解国家天然橡胶资源匮乏的局面。

五、杜仲胶产业化发展的技术基础

在国家有关部门大力支持下，中国林科院、中国科学院等对杜仲进行了长期系统研究，在资源培育、产业化前期研究和综合利用等方面取得了重要的研究进展，为杜仲胶产业化发展提供了良好基础。

1. 资源培育：中国林业科学研究院牵头选育出4个高产胶杜仲良种，采用果园化栽培技术，杜仲产果量比传统栽培模式提高40倍，每公顷产胶量达400kg；

2. 产业化前期研究：中国科学院化学所在世界上首次将杜仲胶制成弹性体，开发出橡胶高弹性材料、热塑性材料和热弹性形状记忆材料。从杜仲胶提取到杜仲胶产品开发，已拥有10多项专利技术；

3. 杜仲综合利用：中国林科院、河南大学等单位通过对杜仲种仁高活性亚麻酸油、杜仲雄花茶等系列产品的成功研发，不仅大幅度降低和消化杜仲胶生产成本，而且能极大提升杜仲果园单位面积的经济效益。

六、杜仲胶产业园效益分析

1. 按照杜仲高产胶果园300万公顷（相当于目前全国油茶栽培面积）的发展规模，杜仲胶及珍稀生物质初级产品年产值可达2500亿元，是目前全国油茶年产值200亿元的12.5倍，产业化前景十分广阔；

2. 杜仲胶产业园的快速发展，能够有效解决社会就业问题。其中杜仲资源培育能够提供450万个就业岗位（每百公顷解决100个就业岗位），就地消化大量农村剩余劳动力；杜仲胶及珍稀生物质初级产品生产能够提供120万个就业岗位（每百吨胶提取及产品开发提供100个就业岗位），有效缓解我国城镇就业难题；

3. 日本经济产业省新能源产业部已瞄准我国杜仲胶资源，并在我国建立了杜仲胶实验基地，给我国特有杜仲胶产业和橡胶工业敲响了警钟。我国进行杜仲胶产业化开发已迫在眉睫。

七、加快我国杜仲天然橡胶产业发展建议

1. 将杜仲天然橡胶产业纳入国家十二五和中长期发展规划，加大对这一新兴产业的政策和资金扶持力度；

2. 加快杜仲高产胶资源培育速度和规模，特别是加强杜仲高产胶良种培育技术的科技支撑力度，有效解决杜仲胶产业化发展的优良资源供应问题；

3. 加强杜仲胶及其配套产品的研发，建立杜仲综合利用产业体系，发挥杜仲胶新兴材料、珍贵生物药源等资源的综合效益，促进杜仲循环产业经济健康、持续稳定发展。

特此报告

杜仲胶循环产业经济知识团队成员：

中国科学院化学所研究员、杜仲胶产业化开创者：严瑞芳

中国林科院研究员、经济林博士、杜仲丰胶型栽培技术开创者：杜红岩

中国老教授协会常务理事、《人民日报》原科教部科技组组长：谢联辉

国杰老教授科技开发研究院财会计研究部副主任、主任会计师：李秀珍

中国林科院经济林研究开发中心副主任、经济林博士、研究员：李芳东

教育部长江学者、北京化工大学先进弹性体材料研究中心主任：张立群

河南大学药学院副院长、教授、中药学博士：李钦

北京林业大学植物纤维利用研究所负责人、副教授、工学博士：樊永明

清华大学精密仪器系工学硕士：严晓敏

中国科学院化学所博士：张继川

北京中医药大学医学硕士：傅纯

2010年4月

国家发改委对“加快我国战略绿色新兴产业”建议的复函

中华人民共和国国家发展和改革委员会

《关于“加快我国战略性绿色新兴产业——天然杜仲橡胶产业发展的建议”》的复函

谢联辉记者：

您好，您关于加快我国天然杜仲橡胶产业发展的来信收悉，经我们认真研究，提出答复意见如下：

杜仲是我国特有的名贵中药材，同时也是发展潜力巨大的优质胶源树种。杜仲果、叶、皮均含有丰富的杜仲胶，能够开发出三大类不同用途的材料：橡胶弹性（高弹性）材料、热塑性材料和热弹性形状记忆材料，可用于橡胶工业、航空航天、国防、船舶、化工、医疗、体育等国民经济多部门，应用领域覆盖面极广。

我们认为，杜仲橡胶具有多种优良特性，在国民经济多个部门有良好的应用潜力，产业前景广阔。为加快杜仲橡胶产业的健康良性发展，应重点对资源培育、配套产品研发和综合利用等方面进行研究，同时应加强对杜仲橡胶低成本化等技术问题的攻关。对于您提出的将其纳入“十二五”和国家中长期发展规划的建议，我委将结合当前正在开展的高技术产业发展规划、战略性新兴产业发展规划编制等工作予以考虑，同时我们也将把您的建

议向正在开展科技中长期发展规划和相关行业规划编制的有关行业主管部门和专家推荐。

非常感谢您提出的有关意见和建议，感谢对我国经济发展的关注和支持。



建议林产业纳入
公益性行业科研专项经费支持的报告

祝列克副局长并呈贾治邦局长及局党组：

您们好！

我们俩，一个是在林业部机关工作了近60年的董智勇（84岁）、一个是上世纪八九十年代在《人民日报》负责林业生态建设报道的记者谢联辉（67岁），我们都是1993年12月6日接受钱学森院士重托，首批参与“促进沙产业”工作的成员，尽管我们都退休了，但我们一直把钱老的嘱托看得比泰山还重。在“两会”召开前夕的3月2日，我们通过国家发改委副主任解振华同志，向温家宝总理提出了“把钱学森院士倡导的‘阳光绿色产业’纳入‘十二五’规划”的《建言》；今天我们作为“老林业”，就“以发展我国战略性的天然杜仲橡胶为切入点，把新兴的杜仲阳光绿色林产业，列入国务院加快培育和发展的“战略性新兴产业”，再次向回良玉副总理提出《建议》，希望通过国家林业局呈送。

2010年“两会”期间，两位人民代表就《加快杜仲胶产业化迫在眉睫》提交了“提案”，得到了社会关注；为了回复人民代表的“提案”，当时担任科技司司长的魏殿生同志和两位处长，通过谢联辉把“杜仲胶林产业高科技知识团队”的主要成员和中国橡胶协会有关负责同志，请到局里就“提案”进行座谈。听取座谈后魏司长表示，钱老倡导的“阳光绿色产业”是21世纪科技兴林的方向，应该以杜仲胶林产业为切入点，加大力度探索一条发展林产业的新模式。

2010年“两会”刚结束的4月，董智勇建议谢联辉会同“高科技知识团队”，向国家发改委正式提出了《关于“加快我国战略性绿色新兴产业——天然杜仲橡胶产业发展”的建议》。这个建议得到了国家发改委的称赞和支持，并于2010年8月2日给了谢联辉回函：

“我们认为，杜仲橡胶具有多种优良特性，在国民经济多个部门有良好的应用潜力，产业前景广阔。为加快杜仲橡胶产业的健康良性发展，应重点对资源培育、配套产品研发和综合利用等方面进行研究，同时应加强对杜仲橡胶低成本化等技术问题的攻关。对于您提出的将其纳入“十二五”和国家中长期发展规划的建议，我委将结合当前正在开展的高技术产业发展规划、战略性新兴产业发展规划编制等工作予以考虑，同时我们也将把您的建议向正在开展科技中长期发展规划和相关行业规划编制的有关行业主管部门和专家推荐。”

董智勇、谢联辉得到国家发改委、国家林业局明确支持后，立即以国杰老教授研究院名义，通过北京市园林局副局长甘敬同志，开始在北京地区酝酿建设“小规模示范基地”的工作。2011年1月15日，北京沙产业协会和国杰老教授研究院林业研究部联合在京召开了《杜仲栽培及产业化研讨会》。北京地区生态环境最有特色、经济发展较为滞后的延庆县园林局，主动地提出了承担“小规模示范基地”意愿。经过一个多月的考察、研究，拟定出《在气候寒冷地区杜仲矮林的栽培与产业化示范项目报告》、《木塑复合材料生产过程的关键技术》（该技术是北京林业大学刚结题的国家林业局“木质聚合复合新材料(简称聚合木)开发”项目（项目编号06–55）的深度研究）两个项目，项目支撑经费共需1700万元，现由北京市园林局上报到国家林业局，董智勇、刘于鹤、贺庆棠主动出任顾问，企盼能想办法帮助落实。

钱学森院士曾于上世纪90年代就多次建议分管农林部门工作的领导同志开展“小规模产业示范基地”工作，以引领“农产业”“林产业”“草产业”“海产业”“沙产业”的发展，可惜未然实现。可喜的是，在宋平、胡锦涛、温家宝、姜春云等中央领导同志的支持和关怀下，钱学森院士倡导的“从‘小弟弟’做起”的沙产业，年产值已经“逾千亿元”，国家林业局2010年12月3日提出的《关于进一步加快发展沙产业的意见》认为，“加快沙产业发展是沙区转变经济发展方式的必然要求”，要求各地加大促进沙产业发展的政策支持力度。

既然“小弟弟”沙产业的年产值近几年都实现“逾千亿元”，据悉2010年海洋经济产值也达到3.8万亿元，为什么农产业、林产业、草产业的年产值不能实现“几千亿元”？

既然每年国家用于支付天然橡胶涨价因素的金额年年超过200亿元，为什么就不能呼吁国家下决心投资100亿元作为“杜仲胶林产业发展专项基金”，突破“三叶橡胶”独霸世界天然橡胶格局，彰显主要分布在我国境内的杜仲胶林产业的特殊优势？

2010年10月，国务院出台了“加快培育和发展战略性新兴产业的决定”。“十二五”规划纲要（草案）指出：

“培育发展战略性新兴产业，要以重大技术突破和重大发展需求为基础，促进新兴科技与新兴产业深度融合，在继续做强做大高技术产业基础上，把战略性新兴产业培育发展成为先导性、支柱性产业。要推动重点领域跨越发展、实施产业创新发展工程、加强政策支持和引导。”

我们认为：共同努力争取100亿元成立“杜仲胶林产业发展专项基金”，是重振大林业在国民经济中特殊地位的最好机遇。

我们关切“阳光绿色产业”能否在“十二五”开局之年启动；我们企盼科学家、战略家钱学森院士的“阳光绿色产业思想”，能在中国的21世纪变为现实；我们期待在国家林业局的领导支持下，能在今年12月钱学森诞辰100周年时，在首都的延庆县落成第一个以杜仲胶林产业为切入点的“林产业循环经济示范基地”，以慰钱老对林业的夙愿；我们更希望通过“小规模产业示范基地”，能为“林产业”、为中华民族牵引出一个“保民生、促稳定”的阳光绿色大产业。

致礼

董智勇、谢联辉

2011-3-12

国家林业局科技司对董智勇、谢联辉等人的建言及其申报项目的复函

董智勇、谢联辉同志:

您们提出的有关“杜仲产业发展和建立小规模示范基地”的建议，我司经征求计资司、造林司等单位意见，并经认真研究，现答复如下:

一、杜仲是我国特有的多功效经济树种，属国家二级保护植物，自然分布在我国亚热带长江流域和暖温带黄河流域，目前除海南、台湾、黑龙江省和西藏自治区外的 27 个省（区、市）均有种植。上世纪 80 年代，为满足杜仲中药原材料国内外市场的要求，我局（原林业部）选定了湖南慈利、贵州遵义、陕西略阳、岚皋等 20 个县市为杜仲商品生产基地，带动有关省区也先后建设了一批基地，极大地推进了杜仲资源的发展。据不完全统计，目前我国杜仲栽培面积约 400 多万亩，占世界栽培总面积的 99%以上，具有垄断性的资源优势。大力发展杜仲产业对于缓解我国天然橡胶供需矛盾、发展战略性新兴材料的新领域、保障人民健康安全等都具有重要的意义。

二 、建立一批杜仲科技示范基地是促进杜仲产业健康、快速发展的有效措施。但是示范基地应选择适宜杜仲生长、资源丰富、技术基础好、市场潜力大的省区，以更好地发挥示范基地的辐射带动作用，促进杜仲产业规模化、集约化发展。

三、杜仲示范基地建设项目，建议北京市对其适应性、可行性进行科学论证，按照《国家农业综合开发部门项目管理办法》以及即将发布的《2012 年农业综合开发林业项目申报指南》，按程序上报我局。

感谢你们对林业工作的关心和支持。

科技司

二〇一一年五月十二日

国家林业局科技司复函的背景情况说明

我们向国家发改委提出的关于“加快我国战略性绿色新兴产业一天然杜仲橡胶产业发展”的建议，得到了国家发改委的支持；我们对“十二五”规划的“建言”获得了奖励；2010年“两会”期间，两位人民代表提出的《加快杜仲胶产业化迫在眉睫》的提案得到了重视；为了回复人民代表的“提案”国家林业局科技司的魏殿生司长和两位处长，特意把谢联辉和杜仲种植专家、中国橡胶协会有关负责同志请到局里听取了意见，并表示全力支持。可惜祝列克副局长、魏殿生司长在关键时刻调走了，我们组织强势科技团队参与的“科研立项报告”，在得到北京市园林局专家投票通过呈送到国家林业局后，在项目申报团队连向评审项目的专家“申诉权利”都不给的情况下，就被边缘化了？！

国家林业局科技司根据以上情况，给董智勇、谢联辉就此专门发函，作了具体说明，并向我们提出了积极的建议：“把示范基地选择在适宜杜仲生长、资源丰富、技术基础好、市场潜力大的省区，以更好地发挥示范基地的辐射带动作用，促进杜仲产业规模化、集约化发展。”

谢联辉呈送给河北省领导的建议：创建杜仲林产业高效园区防治雾霾

周本顺省委书记、张庆伟省长：

党的十八大后，中国迎来了改革创新的又一个新时代。

党的十八大期间，中央明确提出加快生态文明建设，形成了中国特色的社会主义事业“五位一体总体布局”，标志着我们党对经济社会可持续发展规律、自然资源永续利用规律和生态环保规律的认识进入了新境界；接着，全国人大、政协换届的“两会”召开，京津冀等地区出现的雾霾天气，成为代表和委员们热议的问题之一。如何治理？这牵动着亿万人民的心。

植树造林是防治雾霾天气的重要措施。上世纪80年代曾担任过林业部门重要职务、现都到古稀、耄耋之年的董智勇（曾任林业部副部长）、王志宝（曾任国家林业局局长、现任中国绿化基金会主席）、刘于鹤（曾任林业部副部长、现任中国绿色碳汇基金会理事长）、贺庆棠（曾任北京林业大学校长、现任中国老教授林业委员会主任）四位林学家，为圆“林产业高效益”的梦，根据国家发改委、国家林业局的相关意见，一直积极倡导瞄准战略性的杜仲橡胶、杜仲药用资源，创建了一个生态环境治理、战略资源开发、乡镇经济发展兼顾的“规模化杜仲林产业模式”。

就在此时，参加县扶贫工作的磁县一中教师刘松源，获悉主持国杰研究院林业研究部工作的我，正在草拟“规模化杜仲林产业模式”内容，认为可以强有力地推动家乡的扶贫工作，立即请白土镇人大副主任韩文付、农协副会长赵得栋到北京参加相关的“恳谈会”，并向镇、县、市有关部门负责同志提出“引进科技扶贫”的建议，还特意邀请我到白土镇农村实地考察。

我被刘松源老师为家乡“脱贫”的热望感动。于是根据“实地考察”的情况，我和相关专家一起，瞄准战略性资源杜仲橡胶、杜仲药用资源产业化，草拟了一个《采取募集“公益性绿化基金”的办法，在漳河流域创建以杜仲林产业为主体的高效园区的建言》。现把草拟的《建言方案》呈上，并附上相关的附件。

如果贵省同意实施此方案，中国绿化基金会生态中国工作委员会生态城市发展基金主任黄中南同意遵照国家相关规定，在操作设计层面协助贵省“募集公益性绿化资金”，并用于募集地的植树造林工作；我可以带领已经组建起来的、有中国林

科院经济林研究开发中心、北京化工大学、河南大学、中国农业大学等相关教授、学者参加的交叉学科的团队，与贵省实施的“杜仲林产业示范园”工程接轨，并正式制订实施方案。

致礼

建言与联系人：谢联辉

2013年4月8日

盼回复。如同意实施，可具体研究实施方案。

联系地址：北京市清华大学科技园区学研大厦B座907，邮编100084。

（建言人简介见编委会成员介绍。）

采取募集“公益性绿化基金”的办法，在漳河流域创建以杜仲林产业为主体的高效园区的建言

一、创建规模化杜仲林产业园区必要性、可行性分析

1. 我国是世界用胶第一大国、轮胎生产第一大国，每年天然橡胶用量超过300万吨，其中75%依赖进口，天然胶的60%用于轮胎工业。近十年来天然橡胶价格节节飙升，我国每年用于支付天然橡胶涨价因素的金额，年年超过200亿元。

2. 当前南亚地区局势紧张，可能会影响我国进口天然橡胶的数量和价格，我国大张旗鼓启动我国特有的杜仲胶林产业，有利于平抑国际橡胶价格，填补我国天然橡胶的不足。

3. 邯郸市PM2.5污染已经纳入全国严重地域，支持脆弱环境地区利用林木净化环境，可以为贫困农村开拓一条致富新路。

4. 漳河流域水源长年流水不断，文革前已经建起较为完整的灌溉和梯级种植设施，只要加以修复，可以“大有作为”。

5. 漳河流域适宜种植杜仲，且离国家林业局新近在郑州成立的“杜仲工程技术研究中心”只有200公里左右距离，便于就近指导。

6. 创建规模化杜仲林产业园区，国家发改委重视、国家林业局支持（见附件）、国杰研究院经过近十年探索，已经把相关科研人员组织成交叉学科密集的科技团队。

二、创建规模化杜仲林产业园区运行模式设计

遵照国家推进“中原区域经济一体化发展”、“打造绿色生态太行山”的“十二五”规划要求，根据地处中温带、南温带地区的太行山地的亚干旱、亚湿润地貌特征，希望能在省委、省政府的直接领导下，由邯郸市主要负责人主持，运用募集“公益性绿化基金”的办法筹资一亿元；然后由国杰研究院组织交叉学科的科技团队，采用中国林科院经济林研究开发中心培育的叶、果高产杜仲优良品种及栽培技术，用3～5年时间，以白土镇丘陵地为中心，在磁县创建五万亩林产业示范

园。其中四万亩瞄准战略性资源杜仲橡胶、杜仲药用资源；一万亩种植高效经济价值的乡土树种，创建优化、高效产业模式。此后采用滚动发展的办法，用10～15年在河北、河南交界处的漳河两岸，促进具有战略价值的杜仲林产业与富民价值的林下经济“牵手”，在百万亩区域内建设一种“战略资源需求方”“乡镇合作方”“科学技术开发方”“产业组织管理方”共赢的新型产业模式，改变目前漳河流域生态环境日趋恶化的现状，开创一个以杜仲林产业为主体、以乡镇经济为核心的知识密集型的阳光绿色林产业高效建设区。

三、创建规模化杜仲林产业园区的运行谋略和效能分析

1. 把乡镇经济引导到依靠“密集科学技术增值”“循环利用资源提效”“畅通产品市场受益”的轨道上来。通过示范项目，把“高新技术密集优化组合”直接送到林间、地头，在经济并不富裕的太行山地区，打造出一个“抗风沙、保民生、促稳定”的绿色大产业，形成中原经济圈“腾飞”的重要一翼。

2. 培育和组建全国第一条瞄准战略性天然杜仲橡胶和生物医药为主要目标的知识密集型杜仲生物质资源循环开发产业链，并以国杰研究院为平台，以地处北京、上海两地中心点的邯郸为接点，创建一个密集我国南北两地相关科研知识的中心，为向我国适宜发展杜仲林产业的长江、黄河中下游地区进行产业辐射奠定基础。

3. 克服传统单一效益取向，在不忽视发展当地的槐树、楝树、泡桐、花椒等优势树种同时，大力发展林下经济，建立以杜仲为乔木、饲料桑和四倍体刺槐为灌木、胶用蒲公英等为草本植物的立体栽培模式，把生产国家急需的生物橡胶、珍稀药用资源与发展富民的饲养等业有机结合起来。

4. 充分利用国杰研究院高智力团队的特殊优势，发挥中国绿色基金会的特殊功能，借助于农林院校“钱学森阳光绿色产业志愿者行动”的青年人才优势，探索一种知识密集型、多兵团作战的新模式，促进交叉科学技术与地方乡镇经济产业联盟。

四、创建知识密集型产业园的近期目标

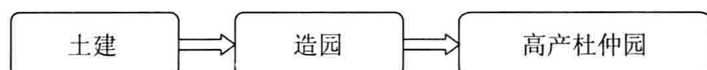
1. 建设一个2000亩育苗基地，为林产业提供珍稀优质的胶用杜仲（乔木）、优质的饲料桑、四倍体刺槐（灌木）和当地绿化用的优质国槐、楝树、泡桐等苗木。

2. 建设一条生物基产品中试循环生产链。杜仲是优质胶源树种，果、叶、皮均含有丰富的杜仲胶，同时又是我国特有的名贵中药材树种，具有战略开发价值。利用杜仲产的叶、皮、果，建设全国第一条生物基产品中试循环生产链。

3. 建立生物质渣体资源综合开发模式。杜仲果、叶、皮中的各种珍稀成分有数十种，但总含量不到20%；经过“杜仲生物基产品循环生产链”提取后，将产生80%以上的渣体。有必要根据渣体综合开发的特性，在杜仲林下有目的地配制栽种灌木类的饲料桑、四倍体刺槐等，并密集微生物、酶、细胞、基因等工程技术，大力发展畜、禽、菌、鱼、茶、油及生物质能源、有机肥料等多种产业，既充分发挥乔灌草立体栽培高效碳汇功能，又把生产过程中的大量生物质渣体资源化。

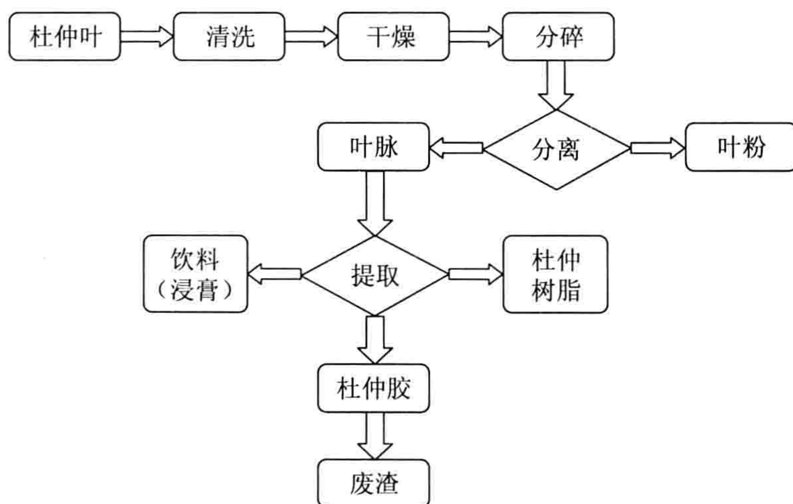
五、知识密集型杜仲生物质资源循环开发产业链框架设计

1. 五万亩示范园基地的建设工艺流程框图：



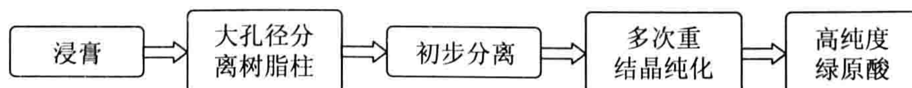
2. 生物基产品循环生产链工艺流程框图：

（1）杜仲叶产业链建设工艺流程框图



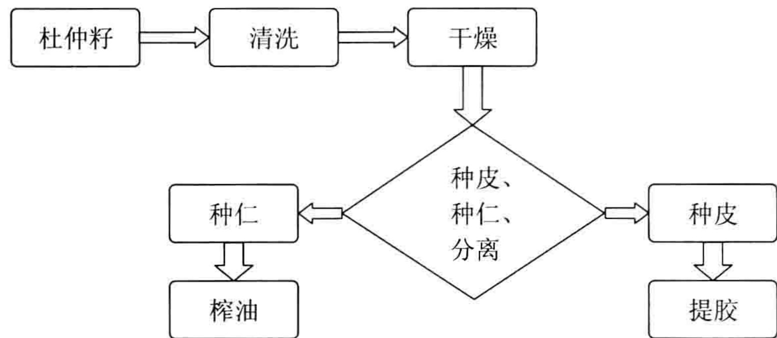
初级产品：杜仲胶；提供原料：叶粉、浸膏、树脂

（2）浸膏纯化线建设工艺流程框图



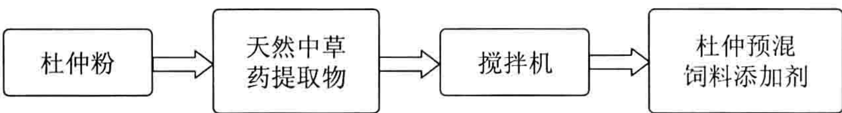
初级产品：高纯度绿原酸（剩余浸膏可开发杜仲饮品和食品）

（3）杜仲果实开发产业链建设工艺流程框图



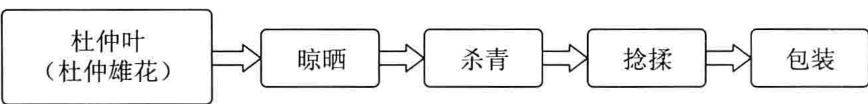
初级产品：杜仲籽油；提供原料：果皮（进入综合提取工艺提胶）

（4）杜仲预混饲料工艺生产线建设工艺流程框图



初级产品：与饲料桑、四培体刺槐一起开发杜仲预混饲料，以发展林下经济和养殖业终端产品：杜仲雄花茶、杜仲叶茶

（5）杜仲茶（含杜仲雄花茶）生产线的建设工艺流程框图



3.产业链框架的建设，将在快速改善生态环境的同时，彰显乡镇整体开发富民优势，大大增加当就业岗位。

六、杜仲产业的国内外技术现状、发展趋势及国内现有工作基础

1. 国外发展现状

上世纪三四十年代，前苏联曾开发出杜仲胶提取工艺，在杜仲药用成分研究方面也取得丰硕成果；

上世纪八九十年代，日本、美国等先后从杜仲叶、皮、花、果和枝条中分离出近百种活性物质，日本利用活性物质开发出百亿元产值的杜仲系列产品；

2008年11月，由日本能源产业部资助的中日杜仲胶研发项目落户我国河南省灵宝，投资开发以杜仲胶为主的杜仲系列产品，图谋把我国适宜种植杜仲的长江、黄河中下游地区变成他们的种植基地。

2. 国内发展现状

上世纪50年代，我国种植了四个万亩杜仲大林场，以青岛橡胶二厂为主进行过

杜仲胶开发研究，效果甚微；

上世纪80年代初，中科院化学所研究员严瑞芳在西德进修期间，将杜仲胶研制成弹性体并获提西德专利；回国后得到国家的支持和帮助，推动了我国以杜仲胶为龙头的杜仲综合开发，获得了10多个相关国家专利，先后建起了两个杜仲胶提取工厂，开发出一批杜仲生物质样品。由于负责项目的管理部门缺失运行经验和经营混乱，导致产业窒息。

3. 国内现有工作基础

（1）提高杜仲产胶量综合培育技术已规模化：中国林科院经济林研究中心研究员杜红岩，选育出首批杜仲良种“华仲1～5号”；以杜仲果实利用为育种方向，选育出首批“华仲6～9号”4个果用杜仲良种；发明专利《一种提高杜仲产果量和产胶量的培育方法》（ZL98 123324.4），建起3万亩新型栽培模式，使杜仲结果期提前3～5年，每亩产胶量比传统种植高出几十倍，达到30–40公斤，接近三叶橡胶产量。

（2）改进杜仲胶提取工艺，冲破窒息杜仲产业化的瓶颈：上世纪90年代及本世纪初，中科院化学所严瑞芳领导的杜仲胶研究小组研发出从杜仲叶提取小批量杜仲精胶的方法及设备（ZL98 248372.4“一种杜仲胶浸提器”、001358316“一种以杜仲树叶、树皮或种子为原料提取有效成分的方法”），通过成果转化建起了两个小规模生产基地；近年来，改进提胶工艺（ZL200510115718“改进型索式、分立组合交替多次循环提取法”），突破了技术难点，为建设百吨级杜仲胶生产线打下基础。

（3）具备新型高分子材料制备、成型加工后期研发实力：北京化工大学先进弹性体材料研究中心，是北京市“新型高分子材料制备与成型加工重点实验室”，拥有橡胶科学与工程领域先进的研究测试仪器及设备，是我国橡胶科学与工程领域的重要研究力量之一，在橡胶配合与设计方面积累深厚，为一些橡胶企业和国防军工用橡胶复合材料的制备，解决了大量的技术难题；研究中心一直关注杜仲胶提取技术与开发工作的进展，并多次赞助和支持杜仲胶林产业的前期调研和策划工作；特别是近年来，与有关企业开始联手进行胶用蒲公英栽培与橡胶提取研究，取得可喜进展。

（4）杜仲林产业绿色加工和质量安全控制取得新进展：河南大学药学院申请了5项发明专利，获得专利2项；采用超声波或酶解强化等提取技术，制取生物活性物质在实验室小试获得技术突破，已经进入中试试验阶段。

（5）2010年4月，国杰研究院林业研究部负责人、人民日报社原科教部科技组组长谢联辉执笔，向国家发展和改革委员会呈送《关于“加快我国战略性绿色新兴

产业——天然杜仲橡胶产业发展”的建议》，2010年8月国家发展和改革委员会办公厅给了“谢联辉记者”回复，明确表示:“您提出的将其纳入‘十二五’和国家中长期发展规划、战略性新型产业发展规划编制等工作予以考虑”；2011年5月12日，国家林业局科技司给董智勇、谢联辉正式发函，认为杜仲科技示范基地要“选择适宜杜仲生长、资源丰富、技术基础好、市场潜力大的省区，以更好地发挥示范基地的辐射带动作用，促进杜仲产业规模化、集约化发展。”

（6）2012年6月25日，“国家林业局杜仲工程技术研究中心”正式成立。

七、技术、经济效益及成果共享方式设想

1. 技术、经济、社会效益分析

（1）重新审视杜仲叶、皮、果、花、枝、干、汁等整体开发潜力，谋求生物质综合产业效益，彰显了杜仲胶林产业的经济综合效益；

（2）“密集”现代化新技术和新技术革命的成果，充分发挥“交叉科学技术组合效应”，把杜仲胶林产业纳入依托科技创新谋求发展的新轨道；

（3）开发出应用源头减量、资源循环利用、剩余物再制造的产业链，建立起循环经济典型模式，积极组织实施生物质循环经济示范行动。

2. 成果社会共享方式和范围

（1）杜仲林产业效益考核主要目标：

A. 种植效益：

杜仲果园定植第三年开始结果，第5~7年进入盛果期，每亩果实产量基本稳定在150公斤左右，按照目前市场价每公斤15元计，年产值2200元；

每亩年产杜仲干叶300公斤，每公斤3元，可收入900元；

每亩产雄花8公斤，每公斤20元，雄花收入160元。

每亩杜仲果园年收入合计3200元左右，扣除施肥及管理成本每亩800元，每亩纯收入2500元左右。

B. 加工效益：

每亩产杜仲a–亚麻酸油6公斤，每公斤按600元计算，每亩a–亚麻酸油产值就达3600元，利润1400元左右；

每亩杜仲叶可获得绿原酸含量为45%～90%的标准提取物2～4公斤，每公斤绿原酸标准提取物1000～2000元，叶用杜仲丰产园每亩杜仲叶标准提取物产值达3000元，利润800元左右；

杜仲果、叶每亩产胶量20公斤，每公斤杜仲胶按照50元（每吨5万元）计，每亩杜仲胶产值1000元；

杜仲雄花每亩可加工杜仲雄花茶1公斤，每公斤700元。

每亩每年产值在3900元左右，扣除每亩支付各种费用和加工成本，每亩产品加工利润2000元左右。

C. 综合效益分析：

种植效益和加工效益合计为4500元左右；平均每10亩产业园可解决就业岗位一个；七年生的产业园每亩年碳净贮量1吨左右、吸收二氧化碳4吨左右。

（2）杜仲林产业项目批准实施后，根据“种”、“养”、“加”、“产”、“供”、“销”等“一条龙”的高效产业化需要，立即组建产业联盟性质的经济实体，并制定严格、公正的管理、评估、监控制度。

A. 保护密集知识团队在产业化过程中的特殊地位。“技术支撑团队”在产业效益分配中占有25-30%的股权。

B. 由乡镇专业合作社、知识团队等人员，联合组成董事会。在第一线具体工作的董事会成员、职业总经理和有特殊贡献的人员，享有10%股权，并按绩效落实到个人。

C. 承认“产业基地”土地使用的有偿性。在基层政府的协调下进行土地“流转”，成立村民合作社，以土地使用权加入产业联盟，参照产业园的实际效益，确定分配形式。资金投资方和土地方共占60%的股权。

D. 根据“从事非营利性社会服务活动”的基本宗旨，国杰研究院参加产业的监测、评估等工作，在产业效益分配中，拥有10%的股权。

八、实施年限、经费概算与资金筹措

2013.4～2013.12：配套产业园建设准备工作；完成育苗基地营建工作；购置部分杜仲、饲料桑、四倍体刺槐苗木，进行试种，立即着手拟定养殖业规划，争取当年种植，当年收益；购置部分生产和科研设备，进行安装和调试；完善灌溉设施；积极培训技术人员。

2014.1～2014.12：以种植饲料桑、四倍体刺槐为先导，发展养殖业；加速杜仲育苗工作；配套生产线试生产；建立产品销售渠道。

2014.1～2014.12：争取完成五万亩地的栽培工作；形成小规模产品销售渠道，力争收支平衡；攻克科研难题，完成杜仲林产业高效建设框架，建立“复制”推广

模式。

2015.1～2015.12：完成提取设备安装，进行试运行；年收入略有盈余；整个项目走上正轨；拟订百万亩计划。

九、必要的支撑条件、组织措施及实施方案

1. 必要外部支撑条件

根据《教育部财政部关于实施高等学校创新能力提升计划的意见》的精神，拟订产业联盟；参照国家十二五规划和国家相关政策，给予积极支持；允许产业联盟统筹使用国家给予农村的各项政策性补贴；需要中国绿化基金会跟踪扶持。

2. 项目承担单位和协作单位建议

积极支持林产业园区创建产品“品牌”机制；积极组建活力的“绿色产品”营销队伍。

3. 组织实施方案与管理措施

以项目实施为契机，推进产学研用深层次的结合，建立以产业联盟为主干的经济实体。

项目顾问及项目策划、协调人

姓名	职称/职务	在项目实施中主要任务	备注
	河北党政负责人或省林业厅负责人	项目运行总指导	项目顾问
	邯郸市党政负责人或林业局负责人	项目运行具体指导	
董智勇	曾任林业部副部长、林业部原科技委主任	项目策划总顾问	
王志宝	中国绿化基金会主席、国家林业局原局长	项目运行总顾问	
刘于鹤	中国绿色碳汇基金会理事长、林业部原副部长	林业碳汇顾问	
贺庆棠	北京林业大学原校长、教授	生态效益评估总顾问	
谢联辉	国杰研究院林业部负责人（高级记者）	项目总策划人	项目策划协调
黄中南	中国绿化基金会生态中国工作委员会生态城市发展基金主任	项目公益协调人	

项目专家团队及项目运行主要负责人

	中国林科院经济林研究开发中心副主任	杜仲栽培技术负责人	项目技术负责人
张立群	北京化工大学长江学者、教授	生物质提取技术负责人	
李钦	河南大学教授	药用成分提取技术负责人	
胡跃高	中国农业大学教授	林下经济技术负责人	
张继川	中国科学院化学所博士	杜仲胶提取新工艺的负责人	

	磁县党政负责人或林业局负责人	项目协调	项目地方运行协调人
	磁县项目运行总负责人	项目具体运行	
孙桂琴	国杰研老教授究院副院长、副研究员	负责项目运行监管	项目管理人
金石	国杰研老教授究院副院长、教授	负责项目运行把关	
李秀珍	中国注册会计师、高级审计师	负责项目财会监管和审计	

河北省林业厅关于对谢联辉同志“采取募集公益性绿化基金的办法在漳河流域创建以杜仲林产业为主体高效园区建言”的函复

关于对谢联辉同志“采取募集公益性绿化基金的办法在漳河流域创建以杜仲林产业为主体高效园区建言”的函复

谢联辉同志：

您好，您关于创建以杜仲林产业为主体高效园区的来信收悉，经研究，提出如下意见。

一 从树木栽培的记载情况看，杜仲在我省唐山以南各地有广泛栽培。从现有杜仲分布情况看，我省野外地区分布极少，一些地区有少量人工栽培。邯郸磁县在97年栽植过杜仲，境内也保存着一片不足10亩人工杜仲林，但要大面积栽培，该县还缺乏栽植经验，杜仲的适应性还需要试种、观察。为确保项目的健康发展，真正把好事办好，建议按照树木的生长栽培规律，先在磁县小面积试种，待积累成功经验后，逐步在适宜地区扩大种植面积。

二、为确保项目的稳步推进，真正形成共赢的新型产业模式，建议在广泛调查研究和充分尊重当地群众意愿基础上，在中国绿化基金会的大力支持下，按照市场化运作的方式，由相关公司组

织实施。

三、为鼓励多种社会主体投资造林，加快我省造林绿化步伐，省林业厅将协同邯郸市政府，组织当地政府及林业部门搞好协调服务，并按照国家工程造林补助政策，对符合条件的杜仲种植给予一定的造林补助。

非常感谢您提出的有关建言和意见，感谢对我省林业发展的关注和支持。



河北省林业厅

2013 年 8 月 26 日

为落实习近平李克强汪洋中央领导开发油牡丹批示
为圆钱学森院士倡导的知识密集性阳光绿色产业梦

我们建言推进“科技与金融”联姻
共建“寻召乡杜仲油牡丹林产业园”

万钢部长：

灾难性的十年“文化大革命”，给人民留下沉痛的回忆。

是伟人钱学森在上世纪70代末，紧急提出恢复具有交叉学科特殊优势的“中国科协”工作。他与周培源的建言，得到邓小平同志重视，召开了“全国科技大会”，提出科学是第一生产力的思想，迎来了中国的科技春天。“中国科协”工作得以恢复。

1984年，“人民科学家”钱学森退居第二线后，基于自己对地球表层客体的深刻认识，针对20世纪70年代世界相继两次能源危机引发的学术界争辩，在中国农业科学院科技委员的一次会议上，以《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》为题发表长篇讲话，提出了“阳光绿色产业”的概念，为破解中国“能源”、“粮食”两大难点，提出了新思路。

钱老把“阳光绿色产业”称为中国的“第六次产业革命”，是一种以太阳为直接能源，靠地面上植物光合作用来进行产品生产的体系。钱老倡导的“阳光绿色产业”，有以下优势：一是把发展谋略，定位在利用植物提高太阳能的转化效率上，以单位受光面积最大限度地固定太阳能，作为农事活动的最高目标；二是把运用“知识密集”的现代新技术革命成果，作为发展农业型产业的内核；三是把提高农业型产业的效益途径，锁定在利用现代新技术加工生物质的过程中，尽量插入中间环节，充分开发中间环节的有用产品，组织成一道一道工序配合紧密的流水线式的产业链，形成高效的综合、循环生产体系；四是把单一以籽实作为效益点的粗放传统农业生产方式，转变到以市场机制为导向、以密集型知识为依托的规模化循环产业轨道上来；五是创建“阳光绿色产业”，不仅要瞄准具有战略意义的高分子新材料、生物新能源和生物药业、生物饲料业，而且要创建一种生产民生必需的粮、油、肉、蛋、奶、棉、丝、胶、茶、药等绿色有机产品的新模式，重构中国绿色生态环境建设的新路。

这是伟人钱学森的梦。他步入古稀之年后，一直为此呼唤、呐喊、奋争。作为

时任中国政协副主席、中国科协主席职务的钱学森，一次次给有关负责同志亲自写信，恳求搞一个“试点”，结果成为束之高阁的“古董”，无人问津。

上世纪90年代初，即将离开中国科协主席职务的钱学森，为了祖国的未来发展，做出了令人置信的决定：在农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业五大产业中，把“文章”做在被人们“淡忘”、被认定为“无用武”的不毛之地——全国16亿亩沙漠和戈壁上，并用自己获得的“100万元港币奖金”，和被钱学森“创建沙产业”文章感动的海外爱国华侨赞助的30万元港币，邀请新任中国科协书记处书记的刘怒（原甘肃省副省长）、时任林业部科技委主任的董智勇（原林业部副部长）、时任《人民日报》科教部版面主编、科技组组长谢联辉，加上钱老的秘书涂元季、刘恕的秘书朱雪芬，在中国科学技术发展基金会支持下，成立了一个沙产业基金，下决心从农、林、草、海、沙五大产业中，被人忽视的“小弟弟”沙产业做起。

这是一个非同寻常的“梦”！从某种意义上说这是用“知识密集型”方式、“交叉学科技术优化组合”的思维定势，向传统的“单一学科知识思维定势”、“单一产业部门发展模式”宣战。这里需要勇气、毅力和大无畏精神。可喜的是，钱老的前瞻性思考，得到了曾任甘肃省委书记、后来担任过中共中央政治局常委的宋平同志热情支持。1995年11月，宋平同志在甘肃省视察“沙产业”示范基地时强调：“要辩证地看待（沙漠干旱区）优势和劣势，要利用现代科学技术，发挥阳光充沛的优势，克服缺水的劣势，积极开发沙产业。”1995年11月9日，时任中共中央书记处书记的温家宝同志在宋平同志推荐的一个文件上批示：“钱学森同志和宋平同志提出，在我国西部戈壁沙漠发展沙产业，这些重要的理论和意见值得重视。一些地区的成功实践充分说明，办好这件事不仅有经济意义，而且有社会和生态意义”；1997年3月，时任国务院副总理的姜春云同志在农业发展银行关于支持沙产业建议书上批示：“抓得好，支持沙产业意义重大，也大有可为，应加大工作力度，以取得更大成效”，大力称赞这种“科技与金融”联姻支持“阳光绿色产业”的设想。值得惋惜，这个“建议书”未能实施。

钱学森和他组建的“沙产业工作团队”，在二十年间从未得到过政府一分钱的“产业项目”资助，硬是凭着高唱沙产业的战歌——“多采光，少用水，新技术，高效益”勇往直前。到现在，沙产业自愿者已经发展到数十万人，在甘肃、内蒙等地已经展示出“不毛之地的希望”。时任国家主席的胡锦涛同志在2008年1月19日看望钱学森时说：“前不久，我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察，看到那里沙产业发展得很好，沙生植物加工搞起来了，生态正在得到恢复，人民生活水平也有了明显提高。钱老，您的设想正在变成现实。”这是对当年已是97岁的伟人钱学森，最大的安慰。

如果说“文革”后，中国迎来了第一个改革开放三十年的黄金期；那么在党的十八大会议之后，可以说中国又迈步进入了第二个改革期。第二个改革期的鲜明标识是：以科学发展观为引导，建立起经济、政治、社会、文化、环境“五为一体”的新机制。特别是在近几年，国家和相关部委已经提出了一系列力推“科技与金融”联姻的新举措，这将是助推钱老倡导的“阳光绿色产业”高速发展的主“引擎”。

我们两个建言人，是跟随钱老倡导的“阳光绿色产业”走过全过程的老人。在祖国进入新的改革关键期，我们两个老人以科技部业务主管的“国杰老教授科技咨询开发研究院”为平台，向科技部、国家开发银行、中国农业银行领导提出建言：《圆钱学森阳光绿色产业梦》，推进“科技与金融”联姻，首先在一个乡共建一个规模化的“林产业示范园”，然后作为中国新农村建设模式加以推广。

我们建言的主旨是：

1. 根据科技部等六部门《关于推动产业技术创新战略联盟构建的指导意见》，创建“知识密集型杜仲油牡丹林产业战略联盟”。

2. 根据科技部与人民银行、银监会、证监会、保监会2010年12月联合发布的《促进科技和金融结合试点实施方案》文件精神，“知识密集型林产业联盟”选择国家重点扶贫乡作为试点，筹建第一个规模化的“杜仲油牡丹林产业园”，以便增强示范推广的可信度。

3. 林产业战略联盟依托“科技和金融”试点，首先根据国家90%天然橡胶进口、70%加工食用油的大豆依赖进口的现实，主攻国家急需排解的天然橡胶、食用油资源紧缺的难点。

4. 发展杜仲林产业，国家发改委经调研，积极支持纳入国家“十二五规划”（见附件二）；发展油牡丹，今年习近平、李克强、汪洋等中央领导先后作出批示（见附件一）；我们根据“农业科技园的利益主体是农民增收”的原则，已经拟订出供讨论的《“科技与金融”联手共建“杜仲油牡丹产业园”的运行机制》草案，提出了乔木杜仲与灌木油牡丹套种，创建亩产综合效益可超万元的模式设想（见附件三）。

5. 破除传统的单一经济效益、单一产业部门的运行模式，在省、市、县党政领导的支持下，倡导“知识密集型的科技团队”“银行系统的三农金融服务部门”与希望摆脱传统小农经济的“乡镇党政领导”直接联手，走出一条社会主义乡镇建设的新路。

6. 企盼在科技部的支持下，由国杰老教授研究院的“知识密集型的科技团队”、银行系统的“三农金融服务部门”共建一个“阳光绿色产业科技价值量评价和管理系统”，这是确保中国乡镇未来建设的必备科技手段。

如果说，伟人钱学森在三十前提出的中国第六次产业革命——“阳光绿色产业”前瞻性思考，由于受到一种传统、习惯的农业生产方式无形的窒息，他无奈只能组织自愿者从农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业中的“小弟弟”——不毛之地的荒漠起步；

现在，我们是否可以沿着钱学森倡导的产业思想，从陆地主体的林产业做起，争取在新中国成立百年之际，圆钱学森的梦，引导“阳光绿色产业”逐渐摆脱国家每年高达近两万亿元的农、林补贴，为“民生”走出一条食物安全、山青水秀、土地无毒、村民富裕的新路。

致礼

“圆钱学森阳光绿色产业梦”的建言人

耄耋老人：董智勇；古稀老人：谢联辉敬上

2013年8月22日

（一点说明：此件同时呈送科技部部长万钢同志、国家开发银行董事长胡怀邦同志、农业银行董事长蒋超良同志和河北省委书记周本顺同志。）

给万钢部长建言反馈的情况

给万钢部长呈送的《圆钱学森阳光绿色产业梦的建言：推进“科技与金融”联姻共建“寻召乡杜仲油牡丹产业园”》，批转给科技部农村科技司综合处高旺盛处长。

高处长专门约见了谢联辉。当时我与北京化工大学从事杜仲胶提取的专家张继川、北京林业大学毕业后从事油牡丹栽培的专家陈占峰一起，到科技部向高处长汇报。高处长听取了汇报后当即回答了我提出的三个问题：

1. 怎样才能推进“科技与金融”联姻？

高旺盛处长建议我们与“农业发展银行”直接联系。因为农发行是国家政策性银行，只要是政府部门支持的好项目，一般按程序，可以得到支持。

谢联辉两次到“农业发展银行”，因为只能提出联系和咨询的部门，不知道被找对象的具体姓名和电话号码，进不了“农业发展银行”的大门。

2. 怎样才能把林产业园纳入国家的“产业示范园”？

你们与“农业发展银行”联手启动后，首先向省科技厅申报“产业示范园”，二三年后才有资格申报国家的“产业示范园”。

3. 怎样建立“科技联盟”？

“科技联盟”有一定程序，必须按国家规定的程序，经批准后，才能享受相关的政策。

（2013年9月谢联辉整理）



（六）思念篇

春风已度玉门关

——胡锦涛主席看望钱学森的故事

钱永刚（2008年5月26日）

2008年即将过去的5个月，发生了这么几起与钱老相关的事：

——1月6日出版的美国《航空与空间技术周刊》将钱学森评为2007年年度人物；

——1月19日，胡锦涛主席看望钱学森；

——2月17日晚，中央电视台主办的“感动中国2007年度人物评选”揭晓：钱学森被评为“感动中国2007年度人物”。电视中的画面是于1月23日下午在中央电视台大兴影视基地拍摄的；

——2月27日，在国家新闻出版总署举行的颁奖大会上，去年出版的《钱学森书信》10卷本荣获首届“中国出版政府奖”图书奖。这是中国出版界最高奖项。

——从明天到大后天，香山科学会议在北京召开“现代科学技术体系总体框架”学术研讨会，就钱学森现代科学技术体系思想的产生、形成、发展及其科学意义进行研讨，每条消息的背后，都有相应的故事。按照此次内蒙古发展沙产业专家座谈会的安排，我就说一说胡锦涛主席看望钱老的故事。

党的十六届、十七届中央领导集体与历届中央领导一样，一直对钱老十分关心和惦念。2003年曾庆红同志，2004年李长春同志，2005年、2007年温家宝同志曾前后看望。

今年1月19日胡锦涛主席又亲自看望。星期六上午11：00，胡主席一行乘坐中型面包车来到钱老家，陪同看望的有令计划、陈至立、常万全，按照日前商定好的方案，涂秘书、顾秘书和我在门口迎接。胡主席下车后走进楼。在楼梯口，钱老夫人蒋英教授在孙子的搀扶下迎接胡主席。胡主席握住蒋教授的手说：“蒋大姐，我提前来给钱老和您拜年了。”蒋教授忙说：“不敢当，不敢当，快请。”

当胡主席来到钱老的卧室，钱老早已坐在床上等候。胡主席俯身握住钱老的手说：“钱老，您好。春节就要到了，我今天特意来看看您，给您和全家拜个早年！”

“谢谢！”钱老笑容满面地握着胡主席的手说。

胡主席坐在床边，同钱老亲切的交谈起来。胡主席满怀深情的说：“新中国成立之初，您满怀爱国热情，冲破重重阻力，毅然回到祖国参加社会主义建设。回国后，您作为我国火箭、导弹和航天计划的技术领导人，精心组织攻关会战，为‘两

弹一星’事业的成功倾注了大量心血，建立了卓越功勋。从领导岗位退下来以后，您仍然关心国家现代化建设，关注科技事业发展。钱老为我国经济、科技、国防事业做出的突出贡献，党和人民永远不会忘记。”

钱老说：“我只是碰到机会了，没什么。”

“这个机会，可不容易啊。”胡主席感慨地说。

胡主席又说：“您不仅为我国的导弹航天事业做出了巨大贡献，还一直热心培养和提携年轻人，以自己的渊博学识和高尚品格，带出了一批优秀科学家，其中有的已经成为我国科技事业的领军人才。”

钱老又说：“我只是碰到机会了。我在美国也是碰到了机会，第二次世界大战，美国人想搞导弹，我碰上机会参加了。回到祖国以后，毛主席他老人家重视这个事，我又碰上了，做了点工作，没什么。谢谢您。”

胡主席说：“钱老，您在科学生涯中建树很多，我学了以后深受教益。我给您举两个例子：一个就是您的系统工程理论。我上世纪80年代初在中央党校学习时，就读过您作的系统工程的报告，给我留下了非常深的印象。我到现在还记得，您这个理论强调在处理复杂问题时一定要注意从整体上加以把握，统筹考虑各方面因素，这很有创见。现在我们强调科学发展，就是注重统筹兼顾，注重全面协调可持续发展。还有一个就是您提出的发展沙产业的设想。您的这个设想强调不是单纯的去治理沙漠，阻止沙化。而是在治理沙漠的同时，还要看到沙漠环境也有优势的一面，有很多沙生植物经济价值很高，我们要有意识地去人工种植这些沙生植物，然后搞深加工，发展沙产业，这就能在沙漠地区形成良性循环。您这个思想很有创新。您还把你自己得到的百万奖金捐献出来，用于支持沙产业发展。前不久，我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察，看到那里沙产业发展得很好，沙生植物加工搞起来了，生态正在得到恢复，人民生活水平也有了明显提高，他们现在人均产值达到了5000元，和东部沿海地区一样了。钱老，您在几十年前提出的沙产业设想已经开始变成现实。”

钱老听后十分高兴，一再说：“这都是党领导的结果。”说到西部开发，钱老对西藏十分关心。他对胡主席说：“我从报纸上看到西藏近年来发展很快。铁路修通了，经济发展了，西藏人民的生活也提高了。”钱老又说：“我国西藏的地理条件和瑞士差不多，我到瑞士去过，他们很发达。但是，我们西藏的面积比瑞士大得多，建设好了，西藏可以超过瑞士。在党的领导下，我们中国现在发展很好，只有美国敢跟我们比，西欧都不行了。英国我去过，过去大英帝国了不起，现在也落伍了。过去很多国际会议都在欧洲开、在日内瓦开，现在开始到中国来开，我们中国人才了不起。”

胡主席说："钱老，您讲得很好，西藏这几年发展很快。青藏铁路是一项了不起的工程，因为那不是一般的铁路，是修在海拔四千多米以上的冻土层上的铁路，我们中国的工程技术人员突破了世界上从来没遇到过的难题。连我们的列车都是特别设计的，在车厢里都备有氧气，解决高原缺氧反应的问题。青藏铁路通车以后，运行效果良好，说明我们的建设设计都是正确的，经得起时间考验的，这条铁路为西藏的发展创造了条件。"

这时涂秘书向胡主席解释说："胡主席，钱老之所以向您说西藏问题，是昨天我们向他报告，说您要来看望他，他十分高兴，对我们说：'好哇，我记得胡主席在西藏工作过，他来看我，我就跟他说说西藏那里的事'。"这句话引得胡主席和所有陪同人员都笑了起来。

胡主席说："我在西藏工作过三年半，对那儿的情况还是了解的。钱老说得对，我们决不能辜负钱老的希望，一定把西藏建设好。"

钱老一再向胡主席表示，他认为在党的领导下，我们国家这几年发展得很快很好。他说："俄罗斯也没有我们国家发展快。建国初期我们向苏联学习，说他是老大哥，是我们的老师。后来他们请我去访问，让我给他们讲课，还称我为老师。我说这不行，你们是老师，可他们还说我是老师。"

涂秘书向胡主席说明："钱老回国不久，苏联请他去讲学，时间长达一个月。苏联人向他学习工程控制论，了解美国导弹研制情况，并向他请教一些导弹技术问题，钱老都能一一对答。他们知道，当时中国落后，但钱学森是世界一流的科学家，所以他们称钱老为老师。1960年苏联专家从中国撤退时，有的专家还希望钱老对他在中国的工作写几句评语，说钱老的评语对他回国后级别的晋升至关重要。钱老说苏联人称他是老师，大概就是指这些事"。

胡主席听得很高兴。

最后胡主席说："当前，全党全国各族人民正在党的十七大精神指引下，满怀信心地为夺取全面建设小康社会新胜利而奋斗。钱老，请您放心，您毕生追求的国家富强、民族振兴、人民幸福、社会和谐的理想一定会实现。"

随后胡主席来到钱老书房，胡主席目睹书柜里摆满古今中外各种图书，得知这里放置的书仅是家中藏书的一部分，大为赞叹，说"看到钱老读了这么多书，使我明白为什么他能成为大科学家。去年《钱学森书信》出版，你们送了我一套。钱老的书信集我大部分都读了。这部书中的许多真知灼见，比如科学研究必须以马克思主义哲学为指导、发展科技必须坚持以自力更生为主、国家建设必须注重改善人居环境等，都很有战略眼光，也很有现实意义。就凭钱老那么认真对待年轻人的来信，亲笔认认真真写了那么多书信，他这种严谨认真的科学态度是一般人做不到

的，是很了不起的。”在一个摆放老一辈无产阶级革命家文集的书柜前，钱永刚介绍说：“我父亲不仅读马恩列斯的著作以及我国老一辈无产阶级革命家的文集，而且还把《雷锋日记》、《雷锋的故事》找来看。我们开始不理解，后来才逐渐认识到他这是从行为科学的角度，寻找英雄模范人物思想行为中带规律性的东西。”胡主席高兴地接着讲：“我原来是学工程的，是搞水利工程的。我在工作中就有一个深刻的体会，在工程中遇到的实际问题总是十分复杂的。一项水利工程往往涉及到农业、水利、电力、交通、环境，还会涉及到移民这样的社会问题，这时候就要用钱老的系统工程、系统科学思想，站在总体的高度，理顺各方面关系。我在贵州工作过，那时候黔北地区很穷，粮食单产很低，那儿的特点不是缺水，而是缺土，过去传统农业的做法是开荒。结果一下雨，土流失掉了，生态也破坏了，粮食产量更低了。我看这种情况也要用钱老的沙产业、草产业思想，不能只种粮食，种果树种草经济效益会更高。”

说话之间，我们陪胡主席走到门口，他和涂秘书握手告别时说：“涂元季同志，我们虽然是第一次见面，但是你的名字我早就知道。你编的钱老书信集我大部分都读了，很受教育和启迪。你写的文章也很好，你办了一件大事，你们工作做得很好，你们把钱老照顾得这么好，我要向你们表示感谢。”

胡主席又转身与顾秘书握手后，上车离去。整个看望时间大约半小时。

看望结束了，但是涂秘书、顾秘书他们还不能休息。为让全国关注钱老的人们尤其是内蒙古关注钱老的人们能按时在当晚《新闻联播》中看到胡主席看望钱老的节目，他们还要和中央电视台记者一道继续工作。

胡主席看望钱老的消息，当晚《新闻联播》播出后，引起了巨大反响。从事沙产业草产业的人们更是受到巨大鼓舞。

——当晚内蒙古自治区沙产业、草产业协会会长夏日主席跟我打电话讲：“永刚啊，这真是太好了，太好了，太好了！没想到国家对钱老沙产业思想的肯定，以总书记看望钱老这样一种形式来表达。这下子我们干沙产业的方向就更清楚了，干劲就更足了。”

——我听说，刘恕主席的好朋友胡启恒院士对刘主席讲：“胡主席看望钱老，代表国家对钱老沙产业思想做了肯定，你几十年为之奋斗的事业，终于有了结果。你值了！”

——类似的话，我还听说内蒙古自治区曾主持沙产业发展工作的老领导杨利民书记听到胡主席看望钱老的消息讲：“鄂尔多斯市是2003年自治区党委常委会选定的自治区践行钱老沙产业思想的突破口，几年过去了，现在那里的沙产业的工作得到最高领导的表扬。虽然我现在不在自治区工作了，但我知足了。”

我还注意到，胡主席看望钱老后还有潜效应——就是指间接的影响作用。

——效应一："沙产业"、"草产业"词汇进北京。

近年来，内蒙古自治区沙产业发展很快，"沙产业"、"草产业"这些词也频频出现在传媒报端，但是不知道大家是否注意到，这些在内蒙古频频使用的词汇，却很难出现在北京的报端和电视中。道理何在？因为国内有一部分学者对钱老沙产业思想持异议、不认同。因此在国家没有正式表态情况下，考虑到构建和谐社会的需要，北京传媒就只好暂时不使用这些词了。去年自治区成立60周年时，中央电视台有专门栏目宣传自治区成立60周年以来取得的重大成绩。沙产业的业绩也有报道，但就是没有沙产业这个词。现在好了，中央电视台就不用多虑了。《新闻联播》不是用了吗？看望后不久，北京一家期刊的编辑不知从哪里得知我的电话，打电话给我："钱老师，胡主席对钱老沙产业思想给予了肯定，我们杂志要宣传钱老的沙产业思想，可我们不懂啊，你能先给我们讲讲啊……"这叫作"北风吹进紫禁城"。

——效应二：凤凰卫视拿到"准生证"。

前两年香港凤凰卫视北京节目制作中心，找到钱老办公室表达了他们计划拍摄钱老人物传记片的意向。香港传媒属境外传媒，按规定需取得国务院新闻办港澳处的批准后，才可拍摄大陆的题材。结果申请报上去，一直没有回复。胡锦涛看望钱老后，节目特别制作中心又写了份申请报给港澳处。不到10天，回复来了，批准拍摄。该节目编辑打电话告诉我这个好消息，使用的方式还挺幽默："钱老师，春风已度玉门关！"

潜效应的例子还可以举出一些，因时间关系就先打住。在自治区成立60周年纪念活动中，我们曾在这里展示了自治区各族干部群众在事关内蒙古"生态安全"的伟大事业中所进行的探索与创新。今天我们又在这里相聚，规划内蒙古沙产业进一步发展的宏伟蓝图。能应邀参加这样有意义的活动，与各位参会者结识深感荣幸；能有这样一个机遇，"零距离"学习、研讨内蒙古沙产业发展，实属珍贵。我相信每一个参会者都会像我一样从这次座谈会中获得教益。为此，我衷心祝愿此次座谈会圆满成功。

（作者简介见编委会成员介绍。）

原载内蒙古政协办公厅主办的《政协经济论坛》，2011年12月31日第三四期合刊。

难忘的教诲

刘　恕

适逢钱学森先生诞辰99周年，人们再一次缅怀这位人民科学家的杰出贡献和高尚品德。我的记忆闸门不由自主地打开，回忆起先生的教诲。回忆是难忘的缅怀，回忆是重温先生卓越的见地和理论论述，回忆对自己更是鞭策和激励。

我在求学时，自愿选择了沙漠治理专业，1959年为了搜集论文资料，在中亚的卡拉库姆、克孜尔库姆中开始了与沙漠打交道的生涯。40多年，在与沙漠打交道过程中，有幸接受过许多教育和帮助，其中钱学森先生对我的言传身教，包括通信指导，有着特殊的影响和作用。

一、钱学森先生带有诙谐又自谦的赠言，令人振聋发聩；耳提面命、循循善诱指导我踏上致知沙产业、践行沙产业之路。

1989年秋我由甘肃调入北京中国科协工作，当时我国著名的科学家钱学森担任中国科学技术协会的主席。由于工作之便，使自己有可能在每次中国科协主席办公例会上，聆听到主席们对各类学科发展睿智的见解。更由于自己在西北生活、工作多年，又是从事沙漠治理的科技人员，有机会在办公会后钱学森主席专就沙漠治理问题与我讨论。

1989年10月，在科协常委会通过我作为书记处成员后，我向主席报到。钱老在谈完工作后，以平等的身份、平和的心态与我交换对他所倡导的沙产业的看法。当时对于沙产业这个新颖的理念，我还十分懵懂，不仅答非所问，同时还提出了不好理解的缘由。在交换意见中，钱学森这位对我国科学技术发展有杰出贡献的科学家，以平和的态度作出解释，使我感受到在科学问题讨论中，体现了真正意义上的“平权的争论”。讨论后钱老拿出了他在1984年5月和1984年12月两篇论述《创建农业型知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》及《第六次产业革命和科学技术》送给我。在论文封面上，钱学森先生自谦而又诙谐地写上了“老旧货了，请您把它作为古董存着吧”。一段寓意深长的赠语。原来钱先生两篇论述中系统地回顾了人类文明的发展史，提出了，“人认识客观事物进程有飞跃的时候，这个叫科学革命”，“人改造客观世界在技术上有大的进步、大的变革，叫技术革命”，“有了科学革命，有了技术革命，最后它直接作用到生产，就会引起生产关系、生产结构的变化。当这种变化从量变到质变，有了飞跃，这个时候就出现了产业革命”的论述。他系统梳理出产业革命的各次排序为：

第一次，农牧业的出现和兴起，大约公元前七八千年；

第二次，商业生产的出现和发展，大约公元前一千多年；

第三次，大工业生产，18世纪末19世纪初；

第四次，国家以至跨国大生产体系，19世纪末20世纪初；

第五次，电子计算机、信息组织起来的生产体系，即将到来的这一次产业革命；

第六次，高度知识和技术密集的大农业，农、工、商综合生产体系，可能出现于21世纪的中国。对于高度知识和技术密集大农业生产体系，钱先生予以着重论述。

农业型的产业是指像传统农业那样，以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。在生产过程中，“一方面要充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代科学技术，包括新的技术革命的成果，不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业”。他认为，“既然说是知识密集型的产业，那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术以及一切可以运用的知识来组织经营它。”钱学森先生认定，在地球表面，凡有阳光普照又有植物生长，便具备进行光合作用完成产品生产过程形成农业型产业。由于产业分布区域条件差异，高度知识技术密集的大农业生产体系分成农产业、林产业、草产业、沙产业及海产业。这是我第一次从先生论述中感受沙产业内涵远远超越我所熟知的沙漠治理的概念。原来被先生自称为“老旧货”的论述蕴含着深奥的教益，不由地为自己的无知而汗颜，同时定下决心好好学习领会。与钱先生谈话的第二天我收到了先生第一封亲笔信函，信中要我根据工作实际体会，写一篇建设社会主义沙产业的论文，明确指出“这（指沙产业——作者注）是社会主义建设大事，让沙漠为我们服务！”[1]“将沙产业视为国家建设的大事，让沙漠为我们服务”，这振聋发聩的语言，更进一步使人感到沙产业内涵有着非凡的意义。

时隔两月，同年12月28日上午钱老在他的办公室就重视地理学科建设和学风问题，以及科技人员学习马克思主义哲学的重要性作了详尽的指示。钱老谈完有关工作后，再一次谈到沙产业，特别谈到了他对沙产业概念的形成过程。他说，他在酒泉基地，看到部队挖甘草，就形成了一个概念，既然在干旱荒漠中有天然生成的植物，就是有可能形成另一种种植业，也就是说以太阳能为动力，通过光合作用的农业型产业可以在干旱荒漠地区形成。他解释说，农业型产业由于地域的差异，可分成不同的类型，像农业、林业、草业、海业和沙业，但当前海业、沙业类型未能得到发展原因是由于农业型产业技术落后，使海洋农业型产业和干旱荒漠中农业型产业无法得到发展。他认为，当科学技术有突破性进展、综合利用可能性大大提高时，沙产业、海产业的价值会充分显示出来，整个农业型产业（包括农产业、林产

业、草产业、海产业和沙产业）都成为知识密集型的产业了。这是在短短的两个月中，再一次听到钱老有关沙产业的亲自阐述。聆听过他深入浅出又语重心长的解释，加上阅读他的论述文章，使自己有种茅塞顿开的感受。原来在钱老眼中，干旱荒漠的地理属性除人们熟知干旱缺水、多风少雨外，更为注意到它具有充沛的阳光优势，在应用人类不断创新的知识和技术，便能使它“为我们服务”。用辩证思维认识干旱荒漠，理解先生所倡导的沙产业是他预见性提出的即将迎来的新一次产业革命（钱老称之为第六次产业革命）中新的知识密集的产业类型。在新一次产业革命中，新技术革命的成果，应用到农业型产业体系，把农业变成一个高度知识密集、技术密集的产业体系，并实现生产工厂化。由于农业型产业既是以阳光为能源靠生物光合作用进行生产的体系，阳光充沛的干旱荒漠农业型产业必然会张显出它的特殊价值。爱因斯坦在他的《我的世界观》一书中曾写到，“每个人都有一定的理想，这种理想决定着他的努力和判断的方向”。经过先生的谆谆指教，通过学习和思考，践行先生预见性的理念，转化成了自己的理想，成为了自己近20年来努力的方向。

二、钱先生多次亲自阐述，使人明确沙产业概念，把握好探索实践沙产业的方向。

钱学森先生有关第六次产业革命论述发表之后，引起了相关学术界的关注。特别是沙产业理念的出现，更使长期从事干旱区研究者以及长期工作、生活在西部干旱区的人士产生了极大的兴趣，开始议论钱学森先生论点。由于沙产业名称新颖而又陌生，当时对沙产业概念存有认识上的差异和不同的理解，概括有：

1. 将沙产业视为地域性的资源开发型的综合产业。在广阔沙区蕴藏着天然矿产资源，除煤、石油、天然气外，水晶石、莹石、盐、碱、芒硝等也具有开发的潜力。特别是由于沙区地势空旷，日照时间长，有风日几乎全年不断，太阳能、风能是沙漠地区丰富的能源及天然生物资源。以带有明显沙区资源烙印进行开发的行业视作沙产业，将沙产业可理解为沙区的综合资源开发产业。

2. 将沙产业视为沙丘沙物质开发产业，以为从事陆地沙、海岸沙、作硅沙工业应用及沙物质的建材利用等方面的实业就是沙产业。

3. 将沙产业概念狭义地局限为只是对沙漠天然生长、自然繁衍形成的灌木、半灌木和草本植物群落为主要开发利用对象并着眼于以企业为据点开拓出具有沙区特色的名、优、特产品，以增加社会新财富，活跃地方经济为目的。

4. 认为沙产业是防沙治沙的重要内容或沙产业即是通常的绿洲农业、沙地农业。

这些对沙产业概念理解上的差异，引起钱先生的重视，曾不止一次地亲自做出阐述。对于沙产业，钱先生首先告诫我们的是，要明确他所提出的沙产业是农业型产业。1991年春天，中国科协委托，中国林学会召开了首次沙产业学术研讨会。我把沙产业研讨会会议纪要送钱先生阅示后，我收到了先生1991年6月13日回信，信中明确写到，“把沙产业扩大到石油，矿产是整个国民经济了。……理论上这样的沙产业已不是农业型产业。”[2]

1994年4月30日，钱先生在他国防科工委办公室会见《沙都散记》作者时，再次强调了沙产业属于农业型产业。他说：“利用太阳能的共有五种产业：农业是大农业，林业、草业、海产业、沙产业。草产业原来人们不太认识，到了现在才有人热心开会来讨论。”“看了这本书（指《沙都散记》），知道进行沙漠工作的有一个大队伍。……总之，农业、林业、草业、海业、沙业，五个都是利用日光的产业，通过生物作用发展生产，这都是下一个世纪需要大力抓的。”1995年10月2日，先生在给我信中写到，“农产业、林产业、海产业和沙产业是科学名词，中国农科业科学院包建中同志提议用绿色农业、白色农业（单细胞培养）和蓝色农业（海）。当然，说到底，它们都是阳光农业。”[3]

时隔一年，先生在给时为中国地理学会瞿宁淑先生的信中，谈到南京地理与湖泊所提出开发河床矿砂资源课题报告时，又有一段对沙产业概念明确的话“我和中国科协的刘恕同志多年来宣传开发戈壁、利用阳光搞农业型生产，现在已在甘肃省河西走廊有了成功的开始，是用塑料透光膜造大棚，取光保温，棚下沙地下铺隔水膜防渗，用滴灌节水种蔬菜。我们称此为沙产业，是农业型的产业。”“地理界同志提议的河床砂资源开采最好不称砂产业，可称砂业，以示区别。”[4]

在给瞿宁淑先生信的同时，钱先生也写信给我，“我近日收到地理研究所同志寄来开发江河淤沙的建议，也称为沙产业。我已去函纠正，这个沙产业不是我们说的沙产业。”[5]明确地指出了，沙产业是以太阳为直接能源，靠植物的光合作用来进行产品生产的体系。在1994年7月，钱学森先生曾致函甘肃省草原生态研究所任继周院士亲自将第六次产业革命中五种农业型产业中农业译成Agriculture、林业译成Arboriculture、草业译成Proticulture、海业译成Mariniculture以及沙业Deserticulture。[6]从译文结构上更加清晰沙产业作为钱先生预见的将迎来的新一次产业革命中知识密集的农业型产业之一。

概念是反映事物特有属性的思维形式，借助概念形式可以揭示事物本质，可以把所认识的事物与其他事物加以区别，对认识概念、把握事物本质十分重要。钱先生重视对事物概念明晰，其目的是帮助人们更好地把握事物实质和发展方向。对于发展沙产业的目标任务，除在指导我的信函中叙述外，还在1994年9月与1995年

11月与来自甘肃、内蒙西北沙区工作人员座谈会上做了明确的论述。他认为，“由于世界人口爆增，人们对食物需求不断加大。过几十年，对食物需求不仅是量的增加，而且吃的东西也要变化，沙产业要提高利用阳光生产食品的效率。要在干旱不毛之地利用绿色植物通过光合作用来进行高效益生产，除光合作用直接产品外，还包括二次转化生成的动物性蛋白以及各类天然荒漠植物光合作用产生的次生代谢物的产出。”[7]将开拓、提供新食品源的任务赋予了具有独特阳光优势的干旱荒漠地区，赋予了沙产业。当我们在对沙产业内涵、任务有了进一步的认识、对沙产业的理论意义认识上有所提高后，如何将沙产业推向实践便成为重要课题。

三、“借鉴他山之石，审慎认真结合实际进行探索性实践”——钱先生告诉我们这是将沙产业推向实践的第一步。

1992年8月28日接到钱先生的信函，内容写到：

前见报端一位访以色列的记者说，以色列在沙漠化土地上夺得粮食丰产，还能出口。说这完全是科学技术的功劳。

不久前见到刚从以色列访问回来的中国科学院力学研究所郑哲敏研究员，他说那里的科技人员对“中国用等量耕地面积的7%养活世界人口的22%”，感到没什么！因为以色列在那么干旱的一点点土地上养活了那么多人。我想我国的沙产业工作者要注意学其所长。”[8]

以色列，国土2.7万平方公里，域内自然条件严峻，大多为干旱少雨的土地，南部内盖夫沙漠约占60%领土。100多年前，著名的美国作家马克吐温曾经来到当今属以色列国的这片土地上。他描写到，“在所有景色凄凉的地方中，我以为，它应该是首屈一指的，那里寸草不生……是一块没有希望的、令人沉闷的土地。”到20世纪70年代以前，农产品仍需大量进口。但时隔20年，1991年统计农业经济（包含农业设备及鲜活农产品）出口额已达90.75亿美元。以农业高产著称的以色列，农业西红柿每公顷年产500吨，柑橘每公顷80吨，蔬菜水果占欧市场40%，被誉为欧洲“冬季厨房”。以色列人认为阳光和头脑是他们制胜的法宝，他们自称自己的农业是沙漠知识农业。钱老让我们学习他人之所长目标在于树立信心，结合中国实际更好地发展自己。1995年2月，钱老在信中写到“以色列的农业确有我们该学习的东西，我们搞治沙防沙发展农业生产的同志要认真总结他们的经验以开拓我们的思想”。[9]到1995年11月，当甘肃河西走廊沙产业开发工作会议召开之际，热情洋溢的书面发言，更为明确表明这一点。

近年来，甘肃人民在省领导和地区领导的带领下，不是创造了“多采光、少用水、新技术、高效益”的中国沙产业吗？这一成就不就启示我们发展尖端技术的沙

产业，也就是用现代生物科学成就，再加水利工程、材料技术、计算机自动控制等前沿高新技术，一定能够在沙漠、戈壁开发出新的、历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的生产基地。在外国，以色列已经走在了前面，我们要用当年搞“两弹一星”的精神赶上去，超过他们！再次用行动证明我们中国人是了不起的！[10]

树立信心借鉴他人之长，更要审慎认真结合自己的实际去实践探索。早在1991年12月21日，钱学森先生就在写给我的信中告诫说，“对几百年前就是沙漠戈壁，对它只能就实际情况开发沙产业，不要轻举妄动！还有一点：沙产业属于第六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的，那时还要用生物技术这一刚露头的技术革命成果。对沙产业我们现在只是做初步探索工作，包括：从地理科学明确治沙范围；通过试点建立沙区植物、动物繁殖加工事业；引入生物技术，做些试验。”

在隔4年之后，针对开展沙产业的践行活动，钱先生再一次提醒我们，要用宏观经验方法做好设计规划。他认为，在我们国家有充分的历史档案，再去请教历史地理学家，了解沙漠存在的历史……“如果查阅历史，此地2000年前就是沙漠戈壁，那就是不能绿化而只能就当地实况用高技术开发。”[11]

千里之行始于足下。钱老告诫“今后的工作我想还应在实践，发展沙产业有了人人看得到的成绩才好宣传说服人”。[12]在钱学森沙产业理念指引下，甘肃河西走廊、内蒙等地一批热心的干部群众及专家学者开始试探性进行沙产业的实践活动，用实践这一伟大的标准验证着钱先生沙产业理念的意义。

四、钱先生的激励与表扬帮助我们进一步认识沙产业的意义，在学习践行过程感悟了“国家杰出贡献科学家”的博大胸怀。

上世纪末，在甘肃河西走廊沙产业示范基地上，开始显现出一些成果。虽然成果稚嫩，采用的技术手段粗放，但钱老却从中看到了前景和希望。多次写信予以肯定和鼓励。“沙产业将在河西张掖、武威起步了，这使我很受鼓舞”。[13]“我想武威、张掖的同志实际开创了一个新型产业，在缺水但阳光充沛地区，用高技术搞农副业生产达到高效益，这是将地区特点同现代科学技术结合起来了。……引入高新技术产品——新材料、信息技术等，将会出现前所未有的新技术产品，一个真正知识密集型的农产业、林产业、草产业和沙产业将要在人类历史上登上舞台了。而这是从沙产业小弟弟开始做起的！高新技术将引发人类历史上的第六次产业革命！中国人可以当带头的”。[14]“我祝愿沙产业在新一年里有新的成就！我认为这不仅是什么理想了，武威和张掖地区用新技术展示了未来沙产业的概貌”[15]，“他们实际走出了将来我国整个大农业的第一步！是了不起的！所以您们的事业是了不起的”[16]。这些来自一位耄耋之年杰出科学家由衷的、充满激情又深刻阐述着沙产业内涵的书

信极大地鼓舞了沙区“人民中的实干家、地方政府中的积极领导干部”，[17]也激励着我们自己以不辜负钱老给予的“办了件好事”[18]的鼓励。

每当重读先生的书信，对照一批沙产业示范基地上丰硕的成果，对他所倡导的沙产业的价值和影响意义有了进一步的认识；更使我懂得了一位有杰出贡献的科学家为什么对他预见的新一次产业革命充满信心和期待，并倾注如此热忱的原因。这并不单纯是学术推进，而是博大胸怀的体现。

当今人类社会虽已跨过21世纪门槛，但仍有近40个国家，十亿人口面临食物短缺，每年仍有560万儿童因饥饿营养不良而夭折，而这些饥饿的人群大多生活在干旱区内。按联合国预测，本世纪中叶人口将增至90亿。人类对食物的需求与日俱增，依托人们的智慧和技能，变干旱不毛之地为可利用的资源空间，增加食物生产，正是科学技术使“所有人蒙利”、“贴近人、为了人”崇高目标和科学家的博大胸怀体现。早在上世纪90年代中期，钱先生便在会见沙产业代表时的讲话中明确指出，“……人口不断增加，老是老一套是不行的。要提高效率，生产效率，要提高太阳光生产食品的效率。食品原料要扩大，微藻生产就是扩大的食品原料，那么我们沙漠的贡献就大了。……我们也不要自我简化，许多食品可以开拓它的来源。沙漠戈壁就是一个来源地。”[19]在1998年4月11日的信中更指出，“沙产业实际上是未来农业，高科技农业，服务于未来世界的农业！”[20]众所周知，广袤的土地充沛的阳光的干旱荒漠曾早已成为人们期望的开拓地。当时人们认为，干旱荒漠地区阳光充沛，限制开发的关键因素是水，只要有充足淡水供应，便可以大规模进行农业开发活动。20世纪70年代有两项饮水项目被称为是“开发利用干旱地区土地资源的良策”：一项是，苏联中亚地区卡拉库姆运河的建设，第二项是，国际援救萨赫地区改善供水方案。两项“良策”实施后，无一不带来始料不及的副作用。前一项目，在灌溉棉田获得丰收十几年后，由于原本流入咸海河水经人工运河灌溉大面积棉田，流入咸海水量逐年减少。到2000年，咸海水面较人工运河修建前下降20米，水域面积减少一半。裸露出的干涸湖底成了盐尘、沙尘的发源地。与此同时漫灌后的棉田盐渍化已不能耕种，严重的环境后果至今仍困扰着人们。后一项目费用高达6.25亿美元，使昔日的无水草场上，出现了水井，人们开始汇集于水井周围提水供应畜群，大量的集结在水井周围的牲畜强度啃食和多次反复地践踏，导致以水眼为中心的同心圆式的沙化圈半径可达5公里，沙化圈相联结便构成草场全面沙漠化出现。

上述“良策”都在实施后遭遇到环境退化不期而至的后果。科学家们直言不讳地指出产生严峻后果的原因在于当代的生产方针，包括原理、技术和工艺，不能保证荒漠区土地开发的质量和效益。提醒人们干旱荒漠区农业开发需要有新的思路和

视角。钱学森沙产业的理念及根据沙产业理念所制定的技术路线，不失时机的应对了人们对干旱荒漠土地开发利用新方针和策略的呼唤，突破传统的思维模式，带给人们的是创新的、人们所期待的干旱荒漠土地开发利用的方略。为解决人类发展中面临食物短缺的难题带来了生机和希望。2008年的世界防治荒漠化日时，联合国秘书长在人类社会最高讲坛上特别呼吁："国际社会应认识到，世界上有一半穷人所居住的干旱和边缘土地并非荒地，那些土地有可能成为农业集约化生产区以满足人类对粮食和能源的需求。"钱学森先生倡导的沙产业理念和在中国干旱荒漠区实践案例，证明了早在15年前钱学森先生提出的"高新技术将引发人类历史上的第六次产业革命！中国人可以带头的！"具有前瞻预见的科学性。

当前，我国西北干旱区，沙产业理念已为愈来愈多的人们所接受，"变不毛之地为沃土"的理想正在化作现实。特别令人振奋的是内蒙古自治区已将发展沙产业列入新的五年规划之中。钱老曾期盼的"通过沙产业规划来统一大家认识，……有了规划才能具体化为计划组织实施"[21]正在落实。

在近20年间，由于工作机缘使自己得天独厚，除聆听到钱学森先生耳提面命指导外，又得到他不假人手，以严谨的用词、工整的字迹、简洁准确的语言叙述道理，指导如何推进沙产业发展的书信。这些宝贵的"财富"不仅丰富了自己学识，提高见地，更是不断地鞭策锤炼着自己的人生目标。钱学森先生已离我们远行，高山仰止，人们缅怀他，熟知他对祖国杰出贡献和崇高的品格。也许对我所论述先生尽心竭力指导推进沙产业发展的片断事实尚鲜为人知，但时光荏苒，人们将会用实践的事实证明沙产业理念"贴近人、为了人"的前瞻性；更加理解钱学森先生博大的服务于人类的胸怀。

沙产业特定的发展空间是在干旱荒漠不毛之地脆弱的生态环境中，这里，植物性生产所必需的光、热、水、土等自然资源不匹配，天然形成了开发与保护的矛盾。因而，发展沙产业必须遵循在重视诱人潜力的同时，切记应审慎地把握人与自然界和谐发展的原则。将保护生态环境寓于开发之中。在结束这篇回忆之前，愿再一次回顾早在1991年12月21日钱学森先生的告诫与同行们学习共勉。

"在沙漠、戈壁有个能干什么不能干什么的课题，要尊重地理学规律。这个宏观理论（指地理学规律——作者注），在沙产业中比在农产业、林产业、草产业和海产业中要突出得多。一方面人们有改造沙漠美好设想的诱惑，一方面又有地理（气象、水文、土质等）自然规律的限制"，"还有一点：沙产业属第六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的"，"对沙产业我们现在只是作初步探索工作"。[22]

（作者简介见第69页。）

注释：

[1]1989年10月12日致刘恕，钱学森书信（5～072），国防工业出版社，2007年5月

[2]1991年6月13日致刘恕，钱学森书信（6～028），国防工业出版社，2007年5月

[3]1995年10月2日致刘恕，钱学森书信（9～351），国防工业出版社，2007年5月

[4]1996年5月9日致瞿宁淑，钱学森书信（10～042），国防工业出版社，2007年5月

[5]1996年5月9日致刘恕，钱学森书信（10～041），国防工业出版社，2007年5月

[6]1994年7月31日致任继周，钱学森书信（8～301），国防工业出版社，2007年5月

[7]刘恕主编，沙产业概述19页，中国环境出版社，2001

[8]1992年8月28日致刘恕，钱学森书信（6～395），国防工业出版社，2007年5月

[9]1995年2月28日致刘恕，钱学森书信（9～095），国防工业出版社，2007年5月

[10]刘恕主编，沙产业概述，中国环境出版社，2001

[11]1991年12月21日致刘恕，钱学森书信（6～186），国防工业出版社，2007年5月

[12]1996年12月2日致刘恕，钱学森书信（10～229），国防工业出版社，2007年5月

[13]1996年9月3日致刘恕，钱学森书信（9～330），国防工业出版社，2007年5月

[14]1996年12月10日致刘恕，钱学森书信（9～405），国防工业出版社，2007年5月

[15]1996年2月22日致刘恕，钱学森书信（9～482），国防工业出版社，2007年5月

[16]1996年5月9日致刘恕，钱学森书信（10～041），国防工业出版社，2007年5月

[17]1995年8月17日致刘恕，钱学森书信（9～314），国防工业出版社，2007年5月

[18]1996年12月10日致刘恕，钱学森书信（9～405），国防工业出版社，2007年5月

[19]刘恕主编，沙产业概述，中国环境出版社，2001

[20]1998年4月11日致刘恕，钱学森书信（10～364），国防工业出版社，2007年5月

[21]内蒙古自治区人民政府文件内政发（2010）123号

[22]1991年12月21日致刘恕，钱学森书信（6～186），国防工业出版社，2007年5月

在思念中感悟21世纪的第六次产业革命

——知识密集型阳光绿色产业将是共建丝绸之路的基石

谢联辉

钱学森的前瞻性思考——知识密集型第六次产业革命，是我国农业型经济发展的方向，也是“一带一路”产业构想的基石之一。实施“一带一路”谋略，将迎来世界性21世纪第六次产业革命——知识密集型的农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业。这是“和平、发展、合作、共赢”的时代潮流，是按照“亲、诚、惠、容”理念追寻的中国梦；是远离强权政治与掠夺经济，依托“知识密集型产业革命”实现世界共荣之梦。

（一）

如果说中国科学技术出版社1980年9月出版的钱学森与张沁文合撰写的《农业系统工程》一文，拉开了钱学森知识密集型的第六次产业革命的序幕，那么钱学森1984年12月23日在中国农业科学院第2届学术委员会会议上的报告，则是对“钱学森知识密集型的第六次产业革命”的详细阐述。

凡是投身于钱学森知识密集型的第六次产业革命探索的志士，都很难忘却1986年至1992年，时任中国科协主席、政协副主席的钱学森给时任国务院副总理田纪云的五封书信中，这字里行间，包含着钱学森多少的期待与无奈……

1986年12月4日钱学森致田纪云的信中说：

“我国林业、林产业问题十分严重；我们已犯了两千年的错误，把绿色的祖国大地摧残到今天的模样！国家一定经采取有力措施，不然农业生产也无法保证。恳请考虑。”

1989年1月24日钱学森在致田纪云的信中说：

“不久前原农业部副部长老农业科学家杨显东对我说：“60亿亩草原草地比耕地大4倍，是我国极大的一笔财富；可惜现在已沙化20亿亩，如不大力抢救利用，是我们的罪过。

我看这60亿亩要区别对待：有大约15亿亩是在农区或林区的草地草山，这些仍属大农业或大林业，可归国家农业部或国家林业部管；农业部现在就有畜牧局。

问题最严重的是43亿亩草原和大约2亿亩沿海盐碱草滩，这45亿亩潜在资源不受重视。不受重视，因为这45亿亩年产值才几个亿！但我们要看到，搞好了，真正运用现代科学技术，年产值可以达到几千亿人民币！

但这是项社会主义建设的长远事业，45亿亩的事业要用几十年的艰苦努力，不能放在眼前工作已经十分繁重的国家农业部去管。我建议国务院考虑设国家草业局，专管草原及草滩。将来到21世纪，国家会有草业部。”

1992年8月18日钱学森在致田纪云的信中说：

“近年来我一直在宣传以现代科学技术开发传统的海水养殖、海洋捕捞和水产品加工，称为知识密集的海产业，前日从山东省人民政府赵志浩同志那里得到《山东省今后十年及“八五”期间海洋产业发展规划（征求意见稿）》及《海洋专家就实施“科技兴海”提出重要意见和建议》，读后感到我国海产业（“海洋产业”比海产业范围更广，包括了海洋能源、盐业、海洋化工、海洋交通运输等）在山东已有很好的开始。

今将两份文件呈上，请考虑是否可由国务院召开一次海产业会议，由山东省、辽宁省、河北省、天津市、江苏省、浙江省、福建省、广东省、广西壮族自治区、海南省等参加，讨论发展我国在本世纪及21世纪海产业的问题。此建议如有不当，请批评指正”。

1992年9月28日钱学森在致田纪云的信中说：

“记得在前几年我当面向您报告过国营林业要与造纸工业联营才能摆脱困境。现在看是大有希望了，国家林业部已在长白山森工局全部试行林价制度。这就为林区实现林、工、商、农相结合的有效产业开辟了道路。

但现在我国全部森林面积到1991年才19.3亿亩，其中绝大部分为国有林，而且是商品林，公益林及兼融林只4亿亩。19.3亿亩是国土面积的13.4%，太少了。为了改良我国生态环境，森林面积应占国土面积的30%以上。所以我国林业远远落后于农业，必须尽快赶上去。

……

因此我建议：请国务院在近期召开全国林业工作会议。”

1992年11月25日钱学森在致田纪云的信中说：

“这次是我第三次写信向您报告我对发展我国社会主义的新的大农业的想法。我感到问题重要，所以要向您报告。

（一）我们面临着一场新的产业革命、21世纪初的产业革命。产业革命是生产技术引起的生产力大发展，从而引起一场经济结构的大变化，最后导致社会结构的飞跃……

我认为社会主义中国是中国共产党领导的，我们是以历史唯物主义武装起来的，我们要在总结历史经验的基础上，有远见之明，看到21世纪，看到建党：100周年！所以我们要注意现代生物科学技术的巨大发展，看到由此引起的又一次产业革命——第六次产业革命。我们要为在社会主义中国搞第六次产业革命做准备。

（二）我前两次写信报告的内容——海产业和林产业，都实际是为第六次产业革命做准备；我们的林产业、草产业、海产业和沙产业要赶上农业，即农产业。农是走在前面的，现在国家已有一整套方针政策和实际制度，可以在本世纪末使农村达到小康水平。林、草、海、沙要加快发展。

（三）另一项为第六次产业革命做准备的工作是抓现在我国农村的三个先进典型：天津市大邱庄、江苏江阴华西村和河南的刘庄。他们都早已超过小康水平；他们都有强大的乡镇企业，年创巨额累积。因此他们是具备条件迈步走向第六次产业革命的。

（四）但从近日来有关大邱庄和华西村的报道看，他们虽有走向第六次产业革命的可能与愿望，但具体开步走，有困难，缺少国家的指导与帮助，缺少强大的科学技术力量实施技术开发。为此，我也曾去信中国科学院副院长李振声同志，征求他对在大邱庄开展第六次产业革命的意见，他回信也是肯定的。所以看来就缺国家的指导与帮助了，没有领导的组织是不行的；而这必须是高层次的领导，因为这项工作超出全国性统一安排下达的任务。

（五）最后，此信的目的就是请您来安排在大邱庄、华西村、刘庄开展第六次产业革命的试点。

……”

可惜，不少人一下子理解不了伟人钱学森前瞻性的思考——知识密集型第六次产业革命思想，被冷漠待之。

（二）

值得赞许的是——

时任林业部副部长董智勇1984年就认真拜读了钱老1984年8月20日发表在《农业现代化探讨》刊物上的《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》。是这篇具有战略意义的文章，促成退休后的董智勇，于1992年11月牵头成立了全国首个把“治沙”作为“沙业”的“中国治沙暨沙业学会”，并出任学会理事长。

原甘肃省副省长、沙漠治理专家刘恕，调任到中国科协书记处担任书记后，与

林业部原副部长董智勇、时任人民日报社科教文部版面主编兼科技组组长谢联辉积极配合，在人民日报社主要领导同志的积极支持下，打响了一场规模大、形式活、影响深、效果大的“科普宣传战”。以1993年2月17日刊登《建立沙业的思考——钱学森致刘恕信件摘录》开篇，在《人民日报》隆重推出“治沙工程与沙业展望”专栏。

栏目编者按指出：

征得钱学森同志同意，我们将他致中国科协书记处书记、沙漠治理专家刘恕信件中关于建立沙产业的论述，摘要发表在这里，以期引起读者对沙漠治理和开发利用问题的关注。

我国以占世界7%的耕地养活了占世界22%的人口，这一成就举世瞩目。但是，80年代以来粮食产量的增长几乎被人口的增加所抵消。今后会不会依然如此？从长远考虑，出路何在？钱学森作为科学学的创立者，高瞻远瞩地提出了一系列向自然界新领域进军的设想，包括建立林产业、草产业、海产业和沙产业。我国戈壁、沙漠和沙漠化土地超过20亿亩。历史上我国人民同沙漠作了可歌可泣的斗争。新中国建立以来治理沙漠的成就更是举世公认。但是至今还没有完全扭转“沙进人退”的局面。随着现代科学技术的发展，不但已经有可能以更有效的手段治理沙漠化，而且可以对不能治理的沙漠作生产性开发利用。这就是钱学森同志提出建立沙产业这一科学思想的精髓。我国从事沙漠治理的专家们默默奉献，艰苦奋斗，但他们的劳动和所取得的成果还鲜为人知。为此，我们与林业部、治沙办公室、中国治沙暨沙业学会合作组织这组系列报道。第一篇是钱学森同志的信件摘录，其他文章和报道将陆续刊出。

这个栏目一直到1993年6月30日结束。栏目结束篇是谢联辉、吴焰采写的《“5·5”强沙尘暴透视——专家谈大西北开发的战略性问题》。报道中说：“刚刚从内蒙古总结赤峰治沙经验回京的中国治沙暨沙业学会理事长董智勇谈起自己的切身体会：粗放的种植形式，传统的经营观念，在山青水秀的江南开始转变，在风沙肆虐的干旱西北更应该抛弃。因为这里严重缺水，这里居住越来越多的人，与树、草、畜、兽等一切生灵的生存以及这方土地的经济发展，都依赖于这点有限的水。人们要求在这种脆弱生态环境中寻找一条摆脱贫困、持续发展之路。他们需要知识，需要科学技术。他建议，国家给科技人员创办沙产业拨一部分启动资金，让科技人员自己管理，自己经营，真正发挥‘科技是第一生产力’的作用，通过国家、地方、科技人员互利的形式，把国家其它专项投入有机组合起来，共同探索一条振兴大西北的成功之路。”

报道说：《钱学森致刘恕信件摘录》见报后，一直为创建沙产业筹集资金的刘

恕告诉记者：钱老“创建沙产业，振兴大西北”的设想，正在被海内外的同胞视为“爱国主义”活动。有的海内外同胞已经表示愿为建立沙产业基金会解囊。她——这位曾任甘肃省副省长的沙漠研究专家认为，建立沙产业基金，这是一种创新精神、改革的思路。她希望国家和有关部门积极扶持沙产业基金会的创建，同时建议主管沙区治理工作的林业部建立一个较有实力、具有开拓精神的实体，与沙产业基金会相呼应，以便推动沙产业企业化、产品化、商品化。只要社会各界有识之士共同努力，一定大有希望。

栏目的编后指出：

本报于1993年2月17日推出的“治沙工程与沙业展望”专栏，先后发表文章和报道7篇，引起广泛关注。今天刊登的《“5·5”强沙尘暴透视——专家谈大西北开发的战略性问题》，是这个专栏的结束篇。文章结合沙尘暴灾害，谈了治沙工程的作用，谈了围绕建立沙产业的种种思考与行动。我们希望更多的有识之士投入正在开展的保护家园、防止土地沙漠化、改变生态环境的事业中去，也希望社会各界热情支持和积极关注这场直接影响1/3国土的防风治沙斗争。

《人民日报》的报道在社会上引起较大反响。印度尼西亚的一位华侨，通过新华社澳门分社捐款30万港币表示对钱学森沙产业的支持。1993年11月8日，钱学森将这笔捐赠交刘恕、董志勇。于1994年9月27日，钱学森用自己的100万元港币的奖金，和海外华侨捐赠的30万元港币，在北京成立了中国科学技术发展基金会促进沙产业基金。刘恕、董智勇分别担任管理委员会正副主任。“促进沙产业发展基金”决定从农产业、林产业、草产业、沙产业、海产业中的“小弟弟”沙产业起步，要在不毛之地的沙漠戈壁上，创建起产值上千亿元的阳光绿色产业绿洲。

《人民日报》1995年2月27日又报道了钱学森关于《建立新机制，发展沙产业》的论述。钱老说：“沙产业得到了各方面的支持，有了可喜的展开，甘草、沙棘等沙生植物的种植面积在扩大。但是，我始终在想一个问题，我们国家有那么大面积的沙漠、戈壁和沙漠化土地，怎么办？这个问题很大。最近国家领导同志和有关部门的同志都谈到：中国农业用地越来越少，要开展大范围的调水工作以解决沙漠、戈壁等干旱地区的问题，并且提出了向沙漠要粮、棉、油、肉、蛋、奶的设想。”

钱老对此提出了质疑：“这种设想有没有可能？”“中国所有的陆上水量加到一起，平均分布到全国960万平方公里上，年降水量只有200多毫米，属于缺水区。”接着指出：“沙漠、戈壁有它的优势。这就促使我想到了田裕钊同志研究的微藻，只要阳光充足，哪怕像西藏那样的地区都可以干。还有盐藻这类东西，在盐湖地区大有希望。这方面的资源我国极其丰富。”

钱老认为："沙产业要发展，恐怕也得走这一条路。因为我们国家已经走到市场经营体制里头来了，老一套是不行的，要有适合于市场机制的组织。沙产业发展要激发群众的积极性，要有先进的组织形式，否则会把资源破坏，沙漠戈壁上如何管理，大家一定要研究这个问题，不要去乱挖乱弄，要做一些试验，然后立法，对环境要保护。"

（三）

什么是"知识密集型阳光绿色产业"？

这位"伟大的科学家"在不毛之地的沙漠戈壁上将要怎样开拓"沙产业"？

《人民日报》为什么要报道这个谁都不敢想象的沙产业梦？这引起了曾与甘肃省结下情缘、刚从中央政治局常委职务上离职的宋平同志关注。

1995年9月15日，宋平同志亲自打电话给曾任甘肃省副省长、时任中国科协书记处书记的刘恕，请她到家里面谈，问询钱老沙产业发展的情况和碰到的困难。

曾长期在地处甘肃的中国科学院沙漠所工作的女治沙专家刘恕，首先向自己的老领导汇报自己对钱学森沙产业理论逐步加深认识的过程。刘恕说：自己在系统地研究了近一个世纪以来世界范围内，干旱荒漠地区经济开发活动中的成功和失误之后,认识到钱学森教授所倡导的沙产业，是一个表述简洁，又有严格规范的跨世纪沙漠开发的战略框架；既有正确的目的、方向，又包含一系列达到这一目的的手段、方法、措施。

刘恕认为，钱老倡导的在荒漠地区围绕着充分利用沙漠地区的阳光，通过光合作用，提高固定太阳能效率，创立新型农业的思想，是一种思维转变，是疲于增多用水补缺向重视多用阳光的转移，是认识上、思维上的转变。实践证明，群众接受新技术，节水灌溉、地膜覆盖、塑料大棚发展很快。沙产业用通俗的语言——"多采光，少用水，新技术，高效益"做了概括，容易被人理解。

刘恕接着说，荒漠地区发展沙产业的实质，是要在传统观念上认为的"不毛之地"，建设一个新型绿洲。以色列人能办到的事我们照样可以办到。这种新型绿洲经济将是振兴西北干旱沙漠地区的一条道路，可能是缩短我国东西部经济差距的突破口。

宋平听了自己在甘肃时曾任命的这位专家型女副省长的汇报后说：你这个想法很新鲜，西部很多人寄希望于卖原料。充分利用阳光优势发展农业，这是个新的想法，很好。

当刘恕谈到沙产业理论必须走向大规模的群众实践，才能显示出生命力时，宋

平深沉地说："我在很多地区工作过，但对甘肃干旱贫困地区的发展，总是念念不忘。那里的群众生活太苦了。因为甘肃省自然条件差，对发展沙产业的切身体会深刻，所以行动会积极。"

在刘恕谈到把河西走廊建成沙产业基地，准备召开一次会议时，宋平对刘恕说，甘肃省委、省政府的领导同志，部门的领导，农委、林业厅的领导你都很熟悉，先与他们沟通。

当宋平得知钱老行动不便，不能出席会议时，宋平表示，河西开会，我去参加。从此，伟大的战略家、科学家钱学森与伟大的政治家、经济学家宋平，在中国发展转折的关键时刻，紧紧握手、心心相印，聚焦于知识密集性沙草产业。他们被人们尊称为第六次产业革命的两位导师。在他们的引导下，知识密集性型的沙产业、草产业，从甘肃延伸到内蒙古，由理论步入到实践的新阶段。

伟大的战略家、科学家钱学森与伟大的政治家、经济学家宋平，在沙产业、草产业展示出巨大潜力之后，几乎同时发出"知识密集型的第六次产业革命——农产业、林产业、草产业、沙产业、海产业"，要走向全中国、要走向世界的呼唤。因为他们心系亚洲、非洲广袤干旱地区的贫困人们。

胡锦涛主席2008年1月19日看望钱学森院士。

胡主席看望钱老的消息播出后，引起了巨大反响。特别是曾任中国政协副主席、中国科协主席的钱学森，充分借助于中国科协这个平台成立的相关"沙产业协会"、"草产业协会"受到了巨大的鼓舞。

2011年，钱永刚教授在《内蒙古林业》杂志上发表署名文章：《钱学森的三个"怎么办"与沙产业理论》。文章中第一次公开了钱学森提出沙产业理论的本意，是解决中国"百年之困"的"三个怎么办"：一是要应对常规能源用完后怎么办？二是中国十八亿亩耕地红线突破了怎么办？三是中国人口发展到30亿，要丰衣足食怎么办？

（四）

记得十年前的2004年一天，内蒙古沙草产业协会负责人来北京，向该协会的顾问钱学森院士汇报工作。当听到内蒙古沙草产业已经取得喜人成果时，钱老当即就提出了一个前瞻性的想法："中国人民应该把沙产业、草产业的经验好好总结——推向全世界！"这是伟大科学家钱学森的胸怀，这是伟大战略家钱学森的重托。因为这位伟人心里惦念着世界上许多干旱缺水地区的穷苦人们，惦念着如何解决中国"百年之困"、世界"百年之困"。

在钱老提出第六次产业革命理论30年后的今天，习总书记提出了“一带一路”的战略构想，这可能是钱学森第六次产业革命理论真正“为人类谋福祉”的岁月到来，为全面推进“知识密集型的第六次产业革命——农产业、林产业、草产业、沙产业、海产业”，真正提供了用武之地。

国家主席习近平2013年9月5日在哈萨克斯坦访问时提出，为了使欧亚各国经济联系更加紧密、相互合作更加深入、发展空间更加广阔，我们可以用创新的合作模式，共同建设“丝绸之路经济带”，以点带面，从线到片，逐步形成区域大合作。

2013年10月，习近平出访东盟国家时提出，中国愿同东盟国家加强海上合作，发展海洋合作伙伴关系，共同建设21世纪“海上丝绸之路”。

“一带一路”是指“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”。初步估算，“一带一路”沿线总人口约44亿，经济总量约21万亿美元，分别约占全球的63%和29%。”

“一带一路”战略具体包括以下几条线路：

中蒙俄经济带：主要通过环渤海、东北地区与俄罗斯、蒙古等国家的交通与能源通道，并向东连接日本和韩国，向西通过俄罗斯连接欧洲。

新亚欧陆桥经济带：通过原来的亚欧大陆桥向西通过新疆连接哈萨克及其中亚、西亚、中东欧等国家。

中国-南亚-西亚经济带：通过云南、广西连接巴基斯坦、印度、缅甸、泰国、老挝、柬埔寨、马来西亚、越南、新加坡等国家；通过亚欧陆桥的南线分支连接巴基斯坦、阿富汗、伊朗、土耳其等国家。

海上战略堡垒：分别由环渤海、长三角、海峡西岸、珠三角、北部湾等地区的港口、滨海地带和岛屿共同连接太平洋、印度洋等沿岸国家或地区。

“一带一路”国际合作的主体模式是——密集知识，推进科技与金融联姻，实现“交通对接”、“产业合作”、“国际贸易”。钱学森倡导的知识密集型的农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业，必将给“一带一路”造就人类赖以生存的金山、银山，夯实亚、欧、非大陆互联互通的社会根基，创造出团结互信、平等互利、包容互鉴、合作共赢新格局。

（作者简介见编委会成员介绍。）

编委会成员介绍

田裕钊：曾任中国科学院自然资源考察委员会副主任，研究员。著名荒漠植物生态与荒漠化治理研究专家。1960年毕业于苏联列宁格勒基洛夫森林工程学院林业系。回国后主要从事沙漠科学研究工作。1978年起从事沙漠生态与沙区资源开发研究，为沙漠开发利用与沙产业发展做出了突出贡献。现任钱学森沙产业基金会副理事长，中国国土经济学会沙产业专业委员会副主任。

胡跃高：中国农业大学教授，博士生导师。2007年成立中国防治荒漠化工程研究中心任主任。1982年以来，主持国家“八五”、“九五”、“十五”、“十一五”、“十二五”期间农业科技攻关项目、国家产业技术创新体系项目中的专题或子专题，在饲草栽培生产技术、防治荒漠化工程建设、农业系统工程、大学生村官工程建设等方面具有研究积累，曾编著或主编出版著作18部，发表论文200余篇。2010年在中国农业大学组织钱学森第六次产业革命理论学习小组，主编出版《钱学森第六次产业革命理论学习读本》。

涂元季：原中国人民解放军总装备部司令部钱学森办公室秘书，高级工程师。早年在成都电讯工程学院电真空技术专业学习，20世纪60年代进入国防科委，从事航天科技情报工作，长期工作在国防科学技术的第一线。从1983年至钱学森逝世，担任钱学森同志的秘书和学术助手。

钱永刚：汉族，浙江杭州人。硕士研究生学历，高级工程师。上海交通大学、西安交通大学、清华大学、南京航空航天大学、内蒙古大学等高校兼职教授、客座教授；中国国土经济学会沙产业专业委员会副主任委员；中国行为法学会副会长；上海交通大学“钱学森图书馆”馆长。

顾吉环：现任中国人民解放军总装备部司令部综合局秘书。20世纪80年代初在中国人民解放军国防科工委指挥技术学院微型计算机应用专业学习，之后长期在钱学森身边工作。从2000年至钱学森逝世，担任钱学森同志的秘书。

董智勇：教授级高级工程师。曾任林业部副部长；曾被国务院环境保护委员会聘为科技顾问；曾任宋庆龄基金会野生生物保护基金管理委员会主任、第七届中国林学会理事长、中国治沙暨沙业学会理事长、中国科学技术基金会（钱学森）促进沙产业基金副主任等。

谢联辉：高级记者。曾担任《人民日报》科教文部版面主编、科技组组长，曾任中华老年报社总编辑、中国老年报社副总编辑。林业部曾授予“绿色长城”奖章，全国绿化委员会曾授予“全国绿化”奖章，曾被中华全国新闻工作者协会评为“全国百佳新闻工作者”，曾获“沙产业实干家”称号，获“对沙产业发展做出贡献者”荣誉证书。采写的报道，曾获中央部委有关部门30多个奖项。现任中国老教授协会常务理事、国杰老教授研究院老年产业部主任、林产业部副主任。

[General Information]
书名=21世纪的产业革命：纪念钱学森第六次产业革命思想30周年文集
作者=第六次产业革命文集编委会编著
SS号=13693110
出版日期=2015